



---

TESIS SF142502

**STUDI PENGARUH MODIFIKASI KARBON AKTIF  
DENGAN PENAMBAHAN  $\text{HNO}_3$  PADA ELEKTRODA  
KARBON DALAM SISTEM *CAPACITIVE  
DEIONIZATION***

Ernes Josias Blegur  
NRP. 1114201017

Dosen Pembimbing  
Endarko, M.Si, Ph.D.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN INSTRUMENTASI  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016





---

THESIS SF142502

# **STUDY OF THE EFFECT OF MODIFIED ACTIVE CARBON USING $\text{HNO}_3$ FOR CARBON ELECTRODES IN CAPACITIVE DEIONIZATION SYSTEM**

Ernes Josias Blegur  
NRP. 1114201017

SUPERVISOR  
Endarko, M.Si, Ph.D.

MAGISTER PROGRAME  
STUDY ON INSTRUMENTATION  
DEPARTMENT OF PHYSICS  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016



## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Sains (M.Si)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :  
Ernes Josias Blegur  
Nrp. 1114201017

Tanggal Ujian : 23 Juni 2016  
Periode Wisuda : September 2016

Disetujui oleh :



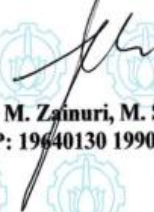
1. Endarko, M.Si., Ph.D.  
NIP: 19741117 199903 1 001

(Pembimbing)



2. Prof. Suasmoro  
NIP: 19550210 198010 1 001

(Penguji)



3. Dr. M. Zainuri, M. Si  
NIP: 19640130 199002 1 001

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

  
Prof. Ar. Djaubar Manfaat, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19601202 198701 1 001



## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa karena hanya atas anugerah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis dengan judul **“STUDI PENGARUH MODIFIKASI KARBON AKTIF DENGAN PENAMBAHAN HNO<sub>3</sub> PADA ELEKTRODA KARBON DALAM SISTEM *CAPACITIVE DEIONIZATION*”** dengan baik. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika Program Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengteahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Selesainya tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Endarko, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta dengan penuh kesabaran dan keikhlasannya dalam memberikan bimbingan, saran dan masukan serta motivasi.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Eddy Yahya M.Sc., selaku ketua program studi Magister Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya yang telah memberikan kemudahan dan fasilitas selama proses perkuliahan.
3. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M.Eng., selaku ketua Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya yang telah memberikan kemudahan dan fasilitas selama proses perkuliahan.
4. Bapak dan ibu dosen pengajar serta staf Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya, yang dengan tulus ikhlas telah memberikan bekal ilmu selama penulis mengikuti studi.
5. Orang tuaku tercinta Bapak Josias Blegur dan Ibu Afliana Blegur-Baddu, saudara-saudariku K Erni, K Noldy, Tatik, Chandra, Titis, Ravenso dan keluarga besar Blegur dan Baddu, Pemuda-pemudi GMT TIBERIAS Tuak Daun Merah, KTB Kuantum, serta Keluarga besar PMK MIPA yang telah mendoakan, mendukung dan memberi semangat.

6. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), selaku pemberi beasiswa yang telah membantu penulis baik dalam bentuk moril maupun materil selama studi.
7. Teman-teman seperjuangan LPDP Afirmasi PK 10 dan teman-teman Magister Fisika angkatan 2014 atas segala bantuan, kekompakan, dan kebersamaannya selama di ITS Surabaya.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Akhirnya penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan sumbangan untuk menambah wawasan keilmuan bagi pembaca. Penulis menyadari bahwa tulisan ini tentu masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan tesis ini.

Surabaya, Juni 2016

Penulis



# **STUDI PENGARUH MODIFIKASI KARBON AKTIF DENGAN PENAMBAHAN $\text{HNO}_3$ PADA ELEKTRODA KARBON DALAM SISTEM *CAPACITIVE DEIONIZATION***

Nama mahasiswa : Ernes Josias Blegur  
NRP : 1114201017  
Pembimbing : Endarko, M.Si, Ph.D

## **ABSTRAK**

Elektroda karbon dibuat dengan metode crosslink untuk tujuan desalinasi telah disintesis dan dikarakterisasi. Elektroda karbon yang digunakan pada studi ini disintesis dengan menggunakan karbon aktif dengan dan atau tanpa karbon aktif modifikasi, polyvinyl alcohol sebagai binder, dan glutaric acid sebagai agent crosslink dengan temperature crosslink  $120^\circ \text{C}$ . Modifikasi karbon aktif dibuat dengan penambahan  $\text{HNO}_3$  dengan variasi 8, 9 dan 10 M. Berdasarkan hasil UJI FTIR terjadi penambahan gugus-gugus fungsi yang mengandung oksigen pada karbon aktif modifikasi. Sifat fisik elektroda karbon diamati dengan SEM-EDX, dan hasil uji menunjukkan bahwa elektroda karbon yang dibuat dengan ACM 10 M memiliki struktur pori yang lebih baik dibandingkan elektroda lainnya. Sementara itu, nilai kapasitansi spesifik elektroda karbon dianalisis dan dihitung dengan Cyclic Voltametry (CV) pada sweep rate 10 mV/s. Hasil menunjukkan bahwa elektroda karbon yang dibuat dengan karbon aktif modifikasi menggunakan 10M  $\text{HNO}_3$  nilai tertinggi dibandingkan yang lainnya. Selanjutnya, persentase penurunan kadar garam sistim CDI baik dengan atau tanpa elektroda karbon yang dimodifikasi menunjukkan bahwa nilai tertinggi dapat dicapai dengan CDI yang dibuat dengan karbon aktif modifikasi menggunakan  $\text{HNO}_3$  dengan persentase penurunan kadar garam yang diperoleh 35.09%. Hasil ini menunjukkan bahwa karbon aktif modifikasi menggunakan  $\text{HNO}_3$  dapat meningkatkan efisiensi CDI.

**Kata kunci :** *Crosslink*, Polyvinyl alcohol (PVA), *capasitive deionization* (CDI), konduktivitas

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# **STUDY OF THE EFFECT OF MODIFIED ACTIVE CARBON USING HNO<sub>3</sub> FOR CARBON ELECTRODES IN CAPACITIVE DEIONIZATION SYSTEM**

Name : Ernes Josias Blegur

Student Identity Number : 1114201017

Supervisor : Endarko, M.Si, Ph.D

## **ABSTRACT**

Carbon electrodes prepared with crosslink method for desalination purpose has been synthesized and characterized. The carbon electrodes used in this study synthesized using activated carbon with and/or without modified active carbon, polyvinyl alcohol (PVA) as a binder, and glutaric acid as a crosslink agent with crosslink temperature at 120°C. Modification of active carbon prepared with the addition of HNO<sub>3</sub> with varies at 8, 9 and 10 M. Based on the results of FTIR test showed that the addition of functional groups containing oxygen occurred in the modified activated carbon. The physical properties of carbon electrodes were observed by SEM-EDX, and the results showed that the carbon electrodes prepared with modified activated carbon using 10 M HNO<sub>3</sub> has a pore structure is better than the other electrodes. Meanwhile, specific capacitance values for the carbon electrodes were analyzed and calculated by Cyclic Voltammetry (CV) at a sweep rate of 10 mV/s. The results showed that the carbon electrodes prepared with the modified active carbon using 10M HNO<sub>3</sub> has the highest value compared to the other one. Furthermore, the salt-removal percentage of the CDI systems either with or without modified carbon electrodes showed that the highest values could be achieved by CDI prepared with modified active carbon using 10M HNO<sub>3</sub> with the salt-removal percentage obtained at 35.09%. This result indicates that modified active carbon using HNO<sub>3</sub> could enhance the efficiency of CDI.

**Keywords:** Crosslink, Polyvinyl alcohol (PVA), Capacitive Deionization (CDI), Conductivity

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Prumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>Capacitive Deionization</i> .....	5
2.2 Karbon Aktif .....	5
2.3 Modifikasi Karbon Aktif.....	6
2.4 <i>Polyvinyl Alcohol</i> .....	7
2.5 Elektroda Karbon .....	8
2.6 Pengujian Elektroda .....	9
2.6.1 <i>Scanning Electron Microscopi</i> (SEM) .....	9
2.6.2 <i>Cyclic Voltametry</i> (CV) .....	9
2.6.3 <i>Electrical Impedance Spectroscopy</i> (EIS).....	10
2.6.4 Konduktivitas .....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Prosedur Kerja.....	13

3.2 Peralatan dan Bahan .....	13
3.2.1 Peralatan .....	13
3.2.2 Bahan .....	14
3.3 Tahapan Penelitian .....	14
3.3.1 Pembuatan Elektroda Karbon .....	14
3.3.2 Pengujian Elektroda Karbon .....	15
3.3.3 Perancangan dan Pembuatan Sistim desalinasi <i>Capacitive Deionization</i> .....	15
3.3.4 Pengujian Sistim Desalinasi <i>Capacitive Deionization</i> .....	16
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Pembuatan Elektroda .....	19
4.2 Pengujian Karbon Aktif .....	22
4.2.1 Analisis Morfologi Karbon Aktif .....	23
4.2.2 Analisis Gugus Fungsi Karbon Aktif .....	23
4.3 Pengujian Elektroda Karbon .....	25
4.3.1 Analisis Morfologi Elektroda .....	25
4.3.2 Analisis Elektrokimia .....	28
4.3.2.1 Pengujian Cyclic Voltametri (CV) .....	28
4.3.2.1 Pengujian Electrical Impedance Spectroscopy (EIS) ...	30
4.4 Pembuatan Sistem CDI .....	34
4.5 Pengujian Sistem CDI .....	34
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	39
5.1 Saran .....	39
<b>DAFTAR PUTAKA</b> .....	41
<b>LAMPIRAN</b> .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Arang Aktif.....	6
Tabel 2.2	Klasifikasi Air Berdasarkan Konduktifitas.....	11
Tabel 2.2	Perlakuan Modifikasi Karbon Aktif .....	21
Tabel 2.2	Hasil Uji FTIR pada Karbon Aktif Sebelum dan Sesudah Dimodifikasi .....	25

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip kerja <i>Capasitive Deionization</i> .....	5
Gambar 2.2	Ikatan <i>Crosslinking</i> PVA-GA.....	8
Gambar 3.1	Skema Tahapan Modifikasi Karbon Aktif.....	15
Gambar 3.2	Skema Thapan Pembuatan Elektroda .....	18
Gambar 3.3	Susunan <i>Cell Capacitive Deionization</i> .....	18
Gambar 3.4	Sistem Desalinasi <i>Capasitive Deionization</i> .....	18
Gambar 4.1	Gambar 4.1 Tahapan pembuatan elektroda karbon dengan binder <i>Polyvinyl Alcohol</i> (PVA) .....	19
	(a) Pemanasan Aquades hingga suhu 100°C .....	19
	(b) Penimbangan PVA sebanyak 1 gram.....	19
	(c) Pelarutan PVA pada Aquades.....	19
	(d) Penimbangan karbon aktif sebanyak 20 gram.....	19
	(e) Pencampuran larutan PVA dengan karbon aktif.....	19
	(f) Penimbangan glutaric acid sebanyak 0.5 gram .....	19
	(g) Pelapisan adonan elektroda karbon pada <i>graphit sheet</i> , elektroda karbon kering setelah dibiarkan pada suhu ruang selama 4 hari .....	19
	(h) Proses pemanasan elektroda karbon dengan menggunakan furnace.....	19
	(i) Hasil Fabrikasi elektroda karbon berbinder <i>Polyvinyl Alcohol</i> .....	19
Gambar 4.2	Tahapan Modifikasi Karbon Aktif .....	21
	(a) Pengukuran larutan HNO <sub>3</sub> sebanyak 100 ml .....	21
	(b) Penimbangan karbon aktif sebanyak 10 gram .....	21
	(c) Proses pencampuran larutan HNO <sub>3</sub> dengan karbon aktif selama 4 jam pada suhu 90°C .....	21
	(d) Pencucian karbon aktif dengan aquades hingga PH 7 .....	21
	(e) Pengeringan karbon aktif selama 1 jam dengan furnace pada suhu 60°C.....	21

	(f) Karbon aktif modifikasi .....	21
Gambar 4.3	Struktur Morfologi Karbon Aktif Modifikasi. ....	23
Gambar 4.4	Hasil Uji FTIR Karbon Aktif (AC = Karbon Akif, ACM = Karbon Aktif Modifikasi).....	24
Gambar 4.5	Bentuk Morfologi Elektroda Karbon Menggunakan Binder <i>Polyvinyl Alcohol</i> , (a) Elektroda dengan AC (b) Elektroda dengan ACM 8M (c) Elektroda dengan ACM 9M (d) Elektroda dengan ACM 10M.....	27
Gambar 4.6	Komposisi Bahan Penyusun Elektroda Karbon dengan Binder <i>PVA</i> . Unsur Penyusun Elektroda Karbon dalam Satuan (%)....	28
Gambar 4.7	<i>Cyclic Voltametry</i> untuk (a) Elektroda Karbon dengan Binder <i>PVA</i> .....	29
Gambar 4.8	Grafik Spesifik Kapasitansi Terhadap Frekuensi pada Elektroda Karbon.....	31
Gambar 4.9	Grafik Resistansi Pengisian Terhadap Frekuensi pada Elektroda Karbon.....	32
Gambar 4.10	Grafik Nyquist (a) Elektroda Karbon dengan AC (b) Elektroda Karbon dengan ACM 10M.....	32
Gambar 4.11	Rangkaian Ekuivalen Hasil Pengujian EIS pada: (a) Elektroda Karbon AC (b) Elektroda Karbon ACM dengan Binder <i>PVA</i> .	33
Gambar 4.12	Sistem Desalinasi CD .....	34
Gambar 4.13	Proses Desalinasi pada System CDI (a) Perbandingan Hasil Desalinasi Elektroda AC dan ACM 8M (b) Perbandingan Hasil Desalinasi Elektroda AC dan ACM 9M (c) Perbandingan Hasil Desalinasi Elektroda AC dan ACM 10M. ....	36
Gambar 4.14	Perbandingan Persentase Penurunan Kadar Garam pada Elektroda AC dan ACM .....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data FTIR Karbon Aktif (AC) .....	45
Lampiran 2	Data FTIR Karbon Aktif Modifikasi (ACM 8M) .....	45
Lampiran 3	Data FTIR Karbon Aktif Modifikasi (ACM 9M) .....	46
Lampiran 4	FTIR Karbon Aktif Modifikasi (ACM 10M) .....	46
Lampiran 5	Data CV Elektroda Karbon AC Berbinder PVA pada Scanrate 10mV/s dalam 10 Siklus.....	47
Lampiran 6	Data CV Elektroda Karbon ACM 8M Berbinder PVA pada Scanrate 10mV/s dalam 10 Siklus .....	47
Lampiran 7	Data CV Elektroda Karbon ACM 9M Berbinder PVA pada Scanrate 10mV/s dalam 10 Siklus .....	48
Lampiran 8	Data CV Elektroda Karbon ACM 10M Berbinder PVA pada Scanrate 10mV/s dalam 10 Siklus.....	48
Lampiran 9	Data EIS Elektroda Karbon AC Berbinder PVA.....	49
Lampiran 10	Data EIS Elektroda Karbon ACM 10M Berbinder PVA.....	49
Lampiran 11	Data SEM Elektroda Karbon AC Berbinder PVA .....	50
Lampiran 12	Data SEM Elektroda Karbon ACM 8M Berbinder PVA .....	50
Lampiran 13	Data SEM Elektroda Karbon ACM 9M Berbinder PVA .....	51
Lampiran 14	Data SEM Elektroda Karbon ACM 10M Berbinder PVA .....	51
Lampiran 15	Data Desalinasi Elektroda Karbon AC Berbinder PVA .....	52
Lampiran 16	Data Desalinasi Elektroda Karbon ACM 8M Berbinder PVA .....	59
Lampiran 17	Data Desalinasi Elektroda Karbon ACM 9M Berbinder PVA .....	66
Lampiran 18	Data Desalinasi Elektroda Karbon ACM 10 M Berbinder PVA .....	73

***“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”***

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting dalam kehidupan manusia. Kekurangan air bersih merupakan salah satu masalah bagi umat manusia di abad 21. Dua per tiga dari populasi dunia akan menghadapi kelangkaan air pada tahun 2025 (T. Buerkle, 2007). Sulitnya mencari sumber air bersih pada beberapa daerah di Indonesia membuat warga kesulitan mendapatkan air bersih dan air minum. Kandungan air terbesar berada di laut, namun air laut tidak dapat dimanfaatkan secara langsung karena mengandung 3.5 % mineral garam, logam dan zat lain yang menyebabkan air pekat dan mempunyai rasa asin. Salah satu solusi yang dapat dijalankan adalah mengubah air laut menjadi sumber air bersih dengan menghilangkan kandungan garam berlebih serta mineral lain yang tidak dibutuhkan didalamnya. Banyak metode yang telah dikembangkan untuk menjadikan air laut menjadi air bersih. Beberapa metode itu diantaranya *reverse osmosis (RO)*, *electrodialysis (ED)*, dan *Capasitive deinozation (CDI)* (Broseus et al, 2009).

Salah satu metode yang sekarang lagi dikembangkan adalah metode CDI. Metode CDI pertama kali dilakukan pada tahun 1960 sampai dengan tahun 1970an oleh *Caudle et.al* yang memulai mempelajari sistem desalinasi air laut dengan menggunakan serbuk karbon aktif yang dibentuk menjadi elektroda dan dialiri arus (Y. Oren, 2008). Elektroda karbon diberi tegangan 1-2 V disusun menggunakan prinsip kapasitor untuk menghilangkan ion-ion garam yang terlarut dalam air laut menggunakan prinsip dasar kapasitor, dimana ketika larutan garam mengalir melalui sepasang elektroda yang telah diberi tegangan maka pada elektroda akan timbul gaya elektrostatis sehingga dapat menarik ion-ion garam yang tidak sejenis dengan kutub elektroda (Y. Oren, 2008). *Capasitive Deionization (CDI)* dikembangkan karena membutuhkan biaya yang kecil, hemat energi dan ramah lingkungan (Anderson et al., 2010).

Pembuatan elektroda karbon untuk keperluan *Capasitive Deionization* secara umum adalah serbuk karbon aktif dicampur dengan polimer binder, diaduk lalu dicetak dan dipanaskan. Karbon aktif memiliki daya serap yang baik dan PVA merupakan polimer hidrofilik yang dapat digunakan sebagai perekat antar karbon sehingga tidak larut dalam air sehingga dalam pembuatan elektroda salah satu komposisi yang dipilih adalah karbon aktif dengan binder (*Polyvinyl alkohol*) (PVA) (Hou et al., 2014). Salah satu penelitian yang memanfaatkan binder PVA yakni Ellys (2014). Pembuatan elektroda karbon menggunakan metode *crosslinking*. Pada metode ini dapat ditarik kesimpulan bahwa pada suhu 120°C dalam pembentukan *crosslinking*, menghasilkan nilai kapasitansi maksimum dari elektroda karbon.

Dalam system *capasitive deinozation* (CDI) karakteristik sifat fisik dan kimia dari elektroda adalah salah satu faktor paling penting untuk meningkatkan kinerja CDI selain itu optimasi dari sistem juga penting untuk meningkatkan efisiensi desalinasi (Lee at al., 2012). Wie Huang dkk pada tahun 2014 meneliti tentang pengaruh modifikasi karbon aktif dengan *nitrid acid* ( $\text{HNO}_3$ ) dengan binder *polyvinylidene fluoride* (PVDF) terhadap efisiensi CDI. Hasil yang diperoleh modifikasi karbon aktif menggunakan *nitric acid* merubah sifat fisik dan kimia dari karbon aktif sehingga meningkatkan adsorpsi air garam dalam proses desalinasi hingga 15% dan mempercepat desorpsi.

Adapun Intan Permata pada tahun 2015 meneliti tentang perbandingan karbon aktif tanpa modifikasi dan karbon aktif modifikasi dengan *nitrid acid* dengan menggunakan binder PVA terhadap efisiensi CDI dengan metode *freezing thawing*. Hasil yang diperoleh system CDI yang terbuat dari karbon aktif tanpa modifikasi justru menghasilkan efisiensi yang lebih baik dari system CDI yang terbuat dari karbon aktif modifikasi.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut memberikan sebuah pertanyaan yakni seberapa besar perbedaan performa antara elektroda yang menggunakan karbon aktif tanpa modifikasi dan karbon aktif modifikasi dengan *nitrid acid* dengan binder PVA kalau metodenya diganti dengan metode *crosslinking*. Berdasarkan permasalahan tersebut maka akan dilakukan penelitian

dengan judul “Studi Pengaruh Modifikasi Karbon Aktif dengan Penambahan  $\text{HNO}_3$  pada Elektroda Karbon dalam Sistem *Capacitive Deionization*”

Pada penelitian ini akan dibuat elektroda berbahan dasar binder *Poly vinyl alkohol* (PVA) dengan karbon aktif dari tempurung kelapa tanpa modifikasi dan dimodifikasi dengan metode *crosslinking* untuk proses desalinasi larutan NaCl.

### 1.1 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan apat dirumuskan beberapa masalah

1. Bagaimana membuat elektroda karbon tanpa modifikasi dan dimodifikasi dengan menggunakan binder *Polyvinyl Alcohol* dengan metode *crosslinking*?
2. Bagaimanakah bentuk morfologi antara elektroda tanpa modifikasi dan yang dimodifikasi menggunakan *nitric acid*?
3. Berapakah nilai kapasitansi elektroda karbon tanpa modifikasi dan yang dimodifikasi dengan menggunakan binder *Polyvinyl Alcohol* pada uji elektrokimia?
4. Bagaimanakah performa sistem CDI dengan elektroda karbon karbon dalam mengurangi nilai konduktivitas sampel NaCl?

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Membuat elektroda karbon tanpa modifikasi dan dimodifikasi dengan *nitric acid* dengan menggunakan binder *polyvinyl alcohol*
2. Membandingkan bentuk morfologi permukaan elektroda karbon tanpa modifikasi dan dimodifikasi dengan *nitric acid* dengan menggunakan binder *polyvinyl alcohol* dengan uji *SEM EDX*.
3. Menghitung nilai kapasitansi elektroda karbon tanpa modifikasi dan dimodifikasi dengan *nitric acid* dengan menggunakan binder *polyvinyl alcohol* melalui uji *Cyclic Voltametry (CV)* serta *Electrical Impedance Spectroscopy (EIS)*
4. Menghitung penurunan nilai konduktifitas larutan NaCl pada sistem CDI

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Secara umum penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai metode alternatif penyedia sumber air tawar dari air laut dengan menggunakan teknologi *Capacitive Deionization* (CDI).

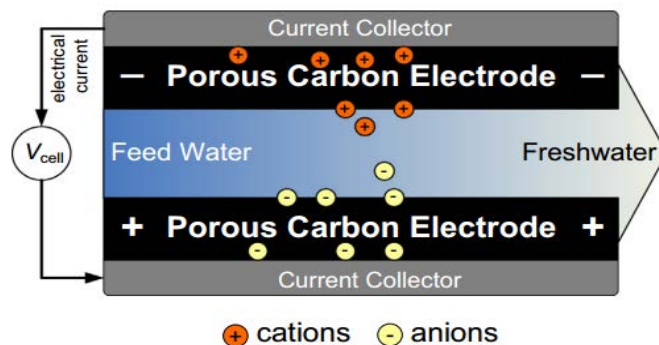


## BAB 2

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 *Capasitive Deionization*

Teknologi *Capasitive Deinozation* (CDI) adalah salah satu metode desalinasi dengan mengalirkan air garam melalui celah antara 2 elektroda karbon. Pada prinsipnya CDI terbentuk dari dua elektroda karbon yang dialiri oleh tegangan DC dengan grafit sebagai *current collector* yang menghantarkan elektron keluar dan masuk elektroda seperti pada Gambar 2.1. Ketika tegangan diberikan pada elektroda karbon senyawa ion seperti natrium, klorida, ammonium dan nitrat tertarik dan terserap ke dalam permukaan elektroda. Ion bermuatan negatif akan tertarik kedalam elektroda positif dan sebaliknya (Porada et al., 2013).



Gambar 2.1 Prinsip Kerja CDI (Porada et al., 2013)

#### 2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang terdiri dari 87 – 97 persen karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses aktivasi dengan aktifator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada suhu tinggi. Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai macam bahan dasar yang mengandung karbon seperti kayu, tempurung kelapa, limbah batu bara, limbah pengolahan kayu dan limbah pertanian seperti kulit buah kopi, kulit buah coklat, sekam padi, jerami, tongkol dan pelepah jagung (Rumidatul, 2006).

Luas spesifik permukaan karbon aktif berkisar antara 300 – 3500 m<sup>2</sup>/gram, luas permukaan karbon ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai *adsorben*. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa – senyawa kimia tertentu dalam fase cair maupun gas. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25 – 1000% terhadap berat arang aktif (Sembiring M.T, 2003).

Adapun komposisi atau kandungan zat dalam arang aktif berdasarkan analisa dari beberapa jenis arang aktif dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Arang Aktif

Jenis Bahan Baku	Persen (%)				
	C	H	Senyawa Organik	Senyawa Anorganik	Abu
Ampas tebu	88.4	7.8	0.08	0.12	3.2
Batang kelapa sawit	94.4	1.1	-	0.04	3.3
Serbuk gergaji kayu	87.5	2.2	0.12	0.04	2.0
Tempurung kelapa	95.3	0.6	0.19	0.43	1.2
Tongkol jagung	91.7	1.7	0.02	0.05	3.2

### 2.3 Modifikasi Karbon Aktif

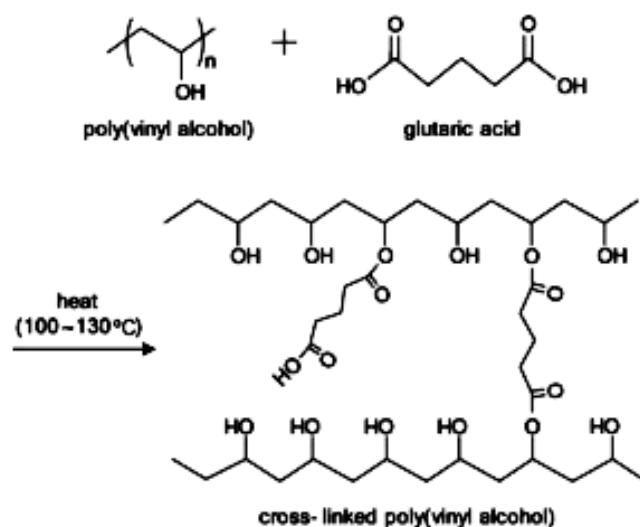
Karbon aktif merupakan salah satu *adsorben* yang paling banyak digunakan dalam berbagai proses pemisahan. Antara lain pada proses pemurnian gas, pengolahan limbah cair dan air, penghilangan polutan organik, namun karbon aktif biasa memiliki kapasitas yang rendah sehingga daya adsorbennya terhadap ion juga rendah hal ini membatasi skala industri untuk menggunakan dalam skala besar (Huang et al., 2014).

Kemampuan *adsorpsi* dari karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh porositas (luas permukaan maupun distribusi ukuran pori), tetapi juga ditentukan oleh gugus – gugus fungsi yang ada pada permukaan suatu karbon aktif. Gugus fungsi pada permukaan karbon aktif tidak hanya dapat diidentifikasi ataupun dihitung secara kuantitas, tetapi gugus fungsi ini juga dapat dimodifikasi. Modifikasi karbon aktif dapat dilakukan secara kimia dengan melarutkan karbon aktif dalam suasana asam atau basa. Penggunaan bahan karbon aktif yang dimodifikasi dengan HNO<sub>3</sub> dapat meningkatkan efisiensi desalinasi 15% (Huang et al., 2014). Perlakuan modifikasi dengan HNO<sub>3</sub> dapat meningkatkan jumlah

oksigen pada gugus fungsi sehingga dapat meningkatkan nilai kapasitansi secara elektrokimia selain itu peningkatan pada gugus fungsi dapat meningkatkan hidrofisilitas elektroda pada bidang kontak ion elektrolit yang akan bermanfaat untuk *adsorpsi* ion dalam proses CDI (Huang et al., 2014).

## 2.4 Polyvinyl Alcohol

Polyvinyl *Alcohol* adalah polimer bersifat plastik yang larut dalam air. Hidrogel dalam kandungan air yang tinggi dapat dibentuk dari PVA melalui beberapa metode, antara lain: *Crosslinking* kimiawi, freeze-thawing, irradiasi gamma dan fotopolimerisasi (Vrana,2009). Crosslinking adalah proses kimia yang menggabungkan dua atau lebih molekul oleh ikatan kovalen. Pengikat pada proses crosslinking disebut *agent*, salah satu jenis *agent* adalah glutaric acid. Pemanasan pada suhu 100-130°C diperlukan agar terbentuk ikatan *crosslinking* (park et al, 2011). Ikatan *Crosslinking* PVA-GA dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ikatan *crosslinking* PVA-GA (Park et al, 2011)

## 2.5 Elektroda Karbon

Kinerja dari *capasitive deionization* bergantung pada kualitas elektroda karbon, elektroda karbon memiliki kualitas baik, apabila memenuhi criteria (Porada, 2013):

1. Memiliki spesifik surface area yang memungkinkan ion bergerak bebas.  
Kemampuan penyerapan garam bergantung pada spesifik surface area namun tidak seluruh spesifik surface area mampu diakses oleh ion.
2. Stabil secara kimia dan tegangan, bisa dilihat dari nilai PH yang stabil.
3. Memiliki ukuran pori-pori yang memungkinkan ion bergerak keluar dan masuk dengan mudah.
4. Memiliki nilai konduktivitas yang tinggi
5. Memiliki hambatan kontak yang kecil antara current collector dan elektroda.
6. Bersifat hidrofilik atau memiliki sudut kontak yang kecil antara elektroda dan air
7. Murah
8. Prosesnya mudah

Pori-pori pada elektroda karbon terbagi menjadi 3, yakni (Porada, 2013): *makropores* memiliki ukuran diameter pori-pori lebih dari 50 nm, *mesopores* memiliki ukuran diameter pori-pori antara 2-50 nm dan *mikropores* yang memiliki ukuran diameter pori-pori kurang dari 2 nm

Pembuatan elektroda karbon untuk keperluan *Capasitive Deionization* secara umum adalah serbuk karbon aktif dicampur dengan karbon aktif dan polimer binder, diaduk lalu dicetak dan dipanaskan. elektroda karbon dipasang pada current collector. Current collector berupa graphit sheet atau berupa graphit foil. Pemakaian current collector dari dua bahan ini supaya tidak terjadi korosi akibat bereaksi dengan air garam (Porada, 2013). Adapun material penyusun karbon elektroda antara lain: karbon aktif, dan *Polyvinyl Alcohol*.

## 2.6 Pengujian Elektroda

Untuk mengetahui performa elektroda karbon diperlukan pengujian bentuk morfologi elektroda menggunakan SEM EDX dan sifat- sifat kimia untuk mengetahui nilai kapasitansi serta nilai resistansi elektroda menggunakan *Cyclic Voltametry (CV)* dan *Electrical Impedance Spectroscopy (EIS)*

### 2.6.1 *Scanning Elektron Microscopi (SEM)*

*Scanning Elektron Microscopi (SEM)* adalah merupakan sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk melihat karakteristik benda dengan resolusi tinggi. Analisis SEM bermanfaat untuk melihat struktur topografi permukaan, ukuran butiran, cacat struktural, dan komposisi suatu bahan. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi ini dapat dilihat secara langsung pada hasil SEM berupa *Scanning Electron Micrograp* yang menyajikan bentuk tiga dimensi berupa gambar atau foto yang secara umum diperbesar antara 1.000 - 40.000 kali. Prinsip kerja dari alat ini adalah sumber elektron dari filamen yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Jika elektron tersebut berinteraksi dengan bahan (spesimen) maka akan menghasilkan electron sekunder dan sinar-X karakteristik. Scanning pada permukaan bahan yang dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur scanning generator dan scanning coils. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan spesimen ditangkap oleh detektor SE (Secondary Electron) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh ampliflier dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (CRT).

### 2.6.2 *Cyclic Voltametry (CV)*

Selain analisa morfologi elektroda menggunakan SEM, analisa elektrokimia juga dibutuhkan untuk mengevaluasi sistem kerja elektroda karbon berpori. *Cyclic Voltametry (CV)* adalah salah satu analisa elektrokimia yang dapat mengukur arus sebagai fungsi potensial dari berbagai kecepatan scan. Respon arus diukur dari potensial awal sampai akhir dan kembali ke potensial awal. Dengan demikian arus katodik dan anodic dapat terukur. Arus katodik adalah arus yang digunakan pada saat scanning dari arus yang paling besar menuju yang paling kecil dan arus anodik adalah sebaliknya. Metoda voltametrik siklik menggunakan tiga

elektroda yaitu elektroda kerja (*working elektroda*), elektroda pembanding (*reference elektroda*) dan elektroda bantu (*counter elektroda*). Elektroda kerja adalah elektroda yang dianalisis, dimana pada elektroda ini merupakan target tempat merespon analit pada larutan elektrolit yang menyebabkan arus mengalir pada elektroda kerja. Elektroda pembanding terbuat dari logam yang *inert* sehingga memiliki potensial yang konstan pada saat pengukuran serta tidak sensitiv pada larutan elektrolit yang digunakan. Elektroda bantu adalah elektroda yang berperan sebagai sumber atau tempat masuknya elektron – elektron sehingga arus dapat dilewatkan melalui sel. Umumnya elektroda bantu terbuat dari bahan yang inert seperti logam mulia atau karbon dan grafit. Teknik voltametri siklik menggunakan dua pendekatan yaitu yang pertama scan satu siklik grafik arus dan tegangan direkam, yang kedua teknik dengan banyak scan (lebih dari satu siklik) dan mendapatkan beberapa grafik yang direkam. Perubahan hasil reaksi pada elektroda dari satu siklik ke siklik yang lain digunakan untuk mempelajari kestabilan senyawa dan elektroda (Riyanto, 2013). Adapun cara untuk menghitung spesifik kapasitansi pada beberapa *scan rate* dapat menggunakan rumus matematis (H. Li et al, 2010)

$$C = \left( \frac{i_a - |i_c|}{m_c \Delta v_d} \right), \quad (2.1)$$

Dengan:

$C$  = Spesifik kapasitansi (F/g)

$i_a$  = muatan anodik (C)

$i_c$  = muatan katodik (C)

$m_c$  = massa karbon aktif (g)

$v$  = jangkauan potensial (V/s)

### 2.6.3 *Electrical Impedance Spectroscopy (EIS)*

*Electrical Impedance Spectroscopy (EIS)* adalah salah satu pengujian secara elektrokimia. EIS merupakan salah satu teknik untuk mengkarakterisasi besaran-besaran listrik dalam sel elektrokimia. Prinsip dasar dalam pengukuran EIS ini adalah dengan memberikan sinyal sinusoidal dengan amplitud rendah pada sistem yang diinvestigasi dan mengukur respon yang berupa arus maupun tegangan dari

sistem yang dievaluasi sehingga didapatkan nilai impedansi sistem. Nilai impedansi sistem bergantung pada frekuensi sinyal yang diberikan. Sehingga dengan memvariasikan frekuensi pada sinyal yang diberikan dapat diperoleh impedansi sistem sebagai fungsi frekuensi. Frekuensi pengukuran EIS sebaiknya berada pada selang frekuensi antara (0.01 – 50000) Hz (Geladi, 2011). Adapun cara untuk menghitung nilai kapasitansi yakni menggunakan rumus (Li Haibo 2010).

$$C = \left| \frac{1}{\omega Z''} \right| \quad (2.2)$$

Dengan:

$C$  = Spesifik kapasitansi (F/g)

$\omega$  = Frekuensi angular pada sinyal potensial AC

$Z''$  = komponen imajiner pada spectra impedansi

#### 2.6.4 Konduktivitas

Konduktivitas air bergantung pada jumlah ion-ion terlarut per volumenya dan mobilitas ion-ion tersebut. Satuannya adalah ( $\mu\text{mho/cm}$ ,  $25^\circ\text{C}$ ). Konduktivitas bertambah dengan jumlah yang sama dengan bertambahnya salinitas, karena adanya penambahan ion garam.

Untuk mengukur konduktivitas digunakan konduktivimeter. Berdasarkan nilai daya hantar listrik, jenis air juga dapat dibedakan melalui nilai pengukuran daya hantar listrik dalam  $\mu\text{mho/cm}$  pada suhu  $25^\circ\text{C}$  yang ditunjukkan pada klasifikasi air sebagai berikut terangkum pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi air berdasarkan konduktivitas

No	Konduktivitas ( $\mu\text{mho/cm}$ , $25^\circ\text{C}$ )	Klasifikasi
1	0,5-5	Air suling
2	5-30	Air hujan
3	30-200	Air tanah
4	45000-55000	Air laut

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



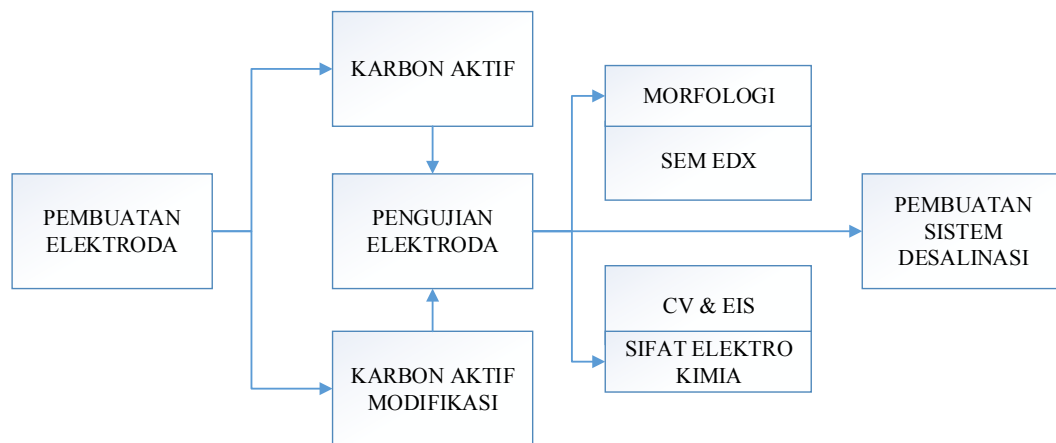


## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Prosedur kerja

Penelitian ini diselesaikan dengan empat tahapan seperti terlihat pada gambar 3.1. Tahap pertama yaitu pembuatan elektroda, kedua pengujian elektroda, ketiga pemasangan elektroda pada sistem capacitive deionization dan ke empat adalah pengujian sistem *capasitive deionization*.



Gambar 3.1 Skema Tahapan Penelitian

#### 3.2 Peralatan dan Bahan

##### 3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah gelas beker, gelas ukur, pipet, spatula, timbangan digital, ayakan, dan oven/ furnace (pemanas). Pencampuran bahan menggunakan alat pengaduk *magnetic stirrer*.

Pengujian kapasitansinya dengan metode *Electrical Impedance Spectroscopy* (EIS), *cyclic voltametry* menggunakan alat Autolab PG-Stat 302 Methrom. *Scanning electron microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan elektroda. SEM EDX menggunakan alat Merk FEI tipe Inspect S25. Konduktivitas dan salinitas larutan diukur menggunakan alat ukur tipe Benchtop pH/ORP/Conductivity/ TDS/Salinity Meter 86505.

### 3.2.2 Bahan

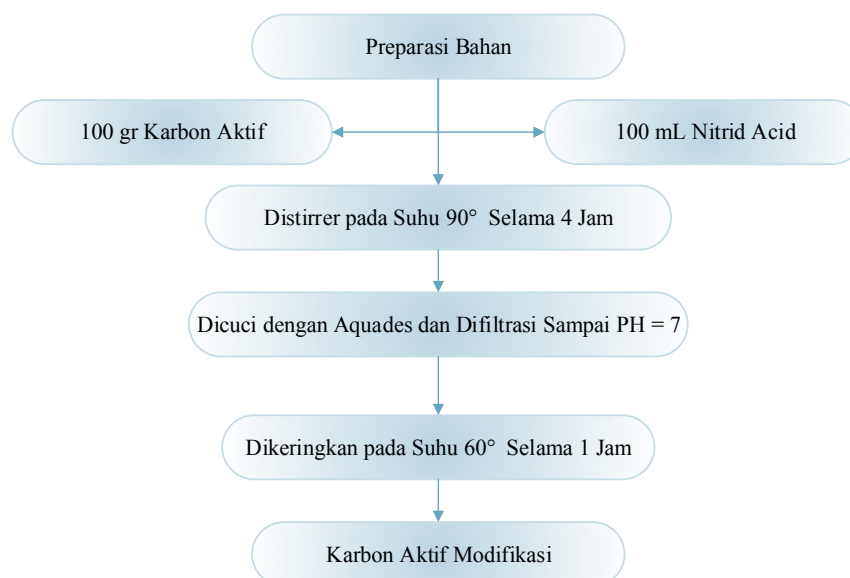
Komponen utama dalam pembuatan sistem *capacitive deionization* ini adalah elektroda karbon dengan bahan utama yaitu serbuk karbon aktif (CV Mitra Usaha Mandiri) dari tempurung kelapa. *graphit sheet* (Changyi Dongfeng Materials) sebagai *Current Colector* serta polimer sebagai binder. Polimer yang digunakan pada elektroda adalah *Polyvinyl Alcohol* (Schuchardt Germany) *Aquadest* dan NaCl produksi LIPI untuk pembuatan larutan uji (sampel).

### 3.3 Tahapan Penelitian

Prosedur kerja pada penelitian ini dibagi menjadi empat tahapan yaitu tahap pertama pembuatan elektroda, kedua pengujian elektroda, ketiga pemasangan elektroda pada sistem capacitive deionization dan kinerja sistem Capacitive deionization. Masing- masing prosedur tersebut dapat diuraikan sebagai berikut: Pembuatan elektroda karbon, Pengujian elektroda karbon, pemasangan sistem CDI, dan pengujian sistem CDI.

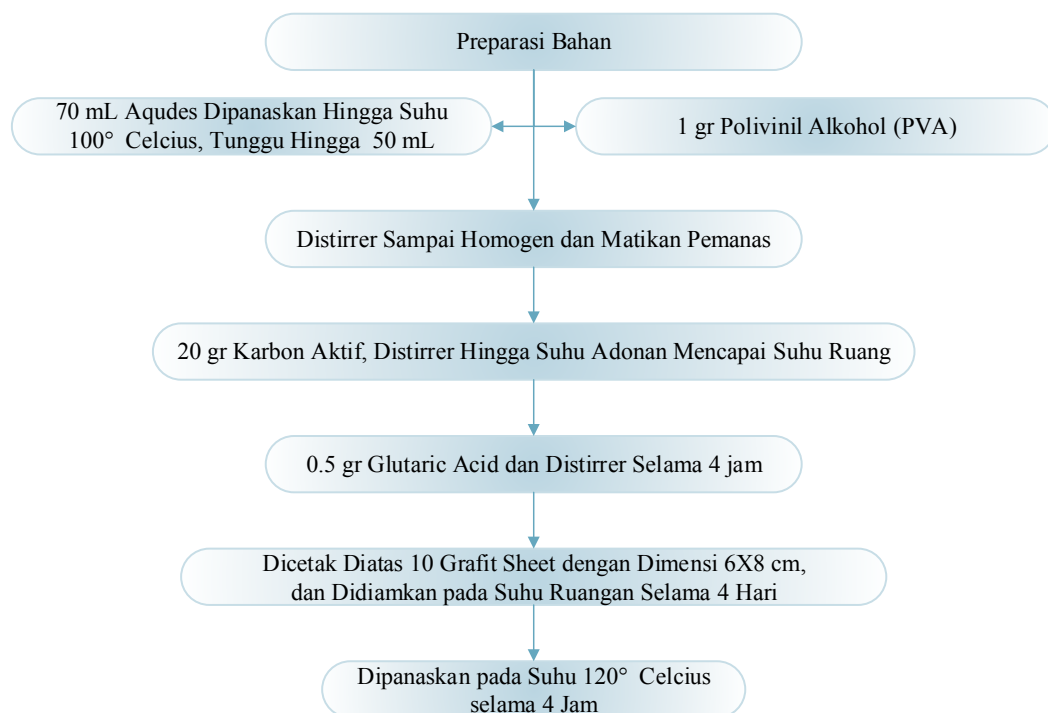
#### 3.3.1 Pembuatan Elektroda Karbon

Pada penelitian ini proses pembuatan elektroda karbon yang dilakukan meliputi dua proses yaitu proses pembuatan elektroda karbon berbinder PVA tanpa modifikasi karbon aktif dan dengan modifikasi karbon aktif. Modifikasi karbon aktif dilakukan dengan tahapan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema Tahapan Modifikasi Karbon Aktif

Karbon aktif dimodifikasi selanjutnya diuji menggunakan instrument FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk melihat pembentukan gugus-gugus dan menggunakan BET (*Brunauer Emmet Teller*) untuk mengetahui luas permukaan dan porositas pada karbon aktif modifikasi yang telah dibuat. Selanjutnya karbon aktif biasa dan yang dimodifikasi digunakan dalam membuat elektroda berbinder PVA dengan tahapan seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skema Tahapan Pembuatan Elektroda

### 3.3.2 Pengujian Elektroda Karbon

Pengujian elektroda terbagai menjadi dua bagian besar yaitu:

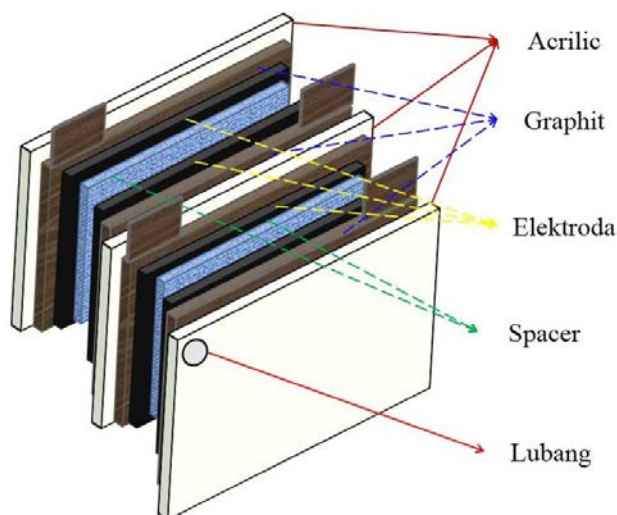
1. Pengujian morfologi permukaan elektroda menggunakan alat *Scanning electron microscope (SEM EDX)*
2. Pengujian sifat-sifat elektrokimianya (nilai kapasitansinya) dengan menggunakan metode *cyclic voltametry* dan *Electrical Impedance Spectroscopy (EIS)*.

### 3.3.3 Perancangan dan Pembuatan Sistem Desalinasi *Capacitive Deionization*

Cell CDI dalam Sistem *Capacitive Deionization* terdiri dari 2 pasang elektroda yang disusun seperti Gambar 3.4 larutan NaCl 0.1 M mengalir dari

pompa masuk kedalam *cell* lewat bagian atas sebelah kiri, selanjutnya air mengalir dalam *cell* betikutnya melalui bagian bawah sebelah kanan, begitu seterusnya hingga air hasil desalinasi keluar dari *cell*.

Sistem *Capacitive Deionization* dalam desalinasi air garam digambarkan pada Gambar 3.5 yang meliputi wadah untuk menampung garam, pompa air untuk mengalirkan air garam kedalam *cell* CDI yang telah dialiri tegangan DC. Larutan garam dipompa dari tangki penampungan menuju *cell* CDI, setelah air keluar dari *cell* diukur nilai konduktifitasnya. Nilai konduktifitas yang terukur direkam secara *real time* pada komputer dengan pengambilan data per detik, Selanjutnya air ditampung dalam wadah.



Gambar 3.4 Susunan *Cell Capacitive Deionization*

### 3.3.4 Pengujian Sistem Desalinasi *Capacitive Deionization*

Larutan NaCl 0.1 M dialirkan dalam sistem dengan kelajuan 25 mL/menit pada tegangan 2 volt. Pengujian sistem desalinasi dilakukan dengan mengukur nilai konduktifitas dan salinitas larutan dengan menggunakan alat ukur tipe Benchtop pH/ORP/Conductivity/ TDS/Salinity Meter 86505 sebelum dan sesudah proses desalinasi. Perubahan jumlah ion yang teradsorp pada elektroda sebanding dengan perubahan nilai konduktifitas dan kadar garam pada aliran keluaran. Persentase pengurangan kadar garam NaCl dari sampel

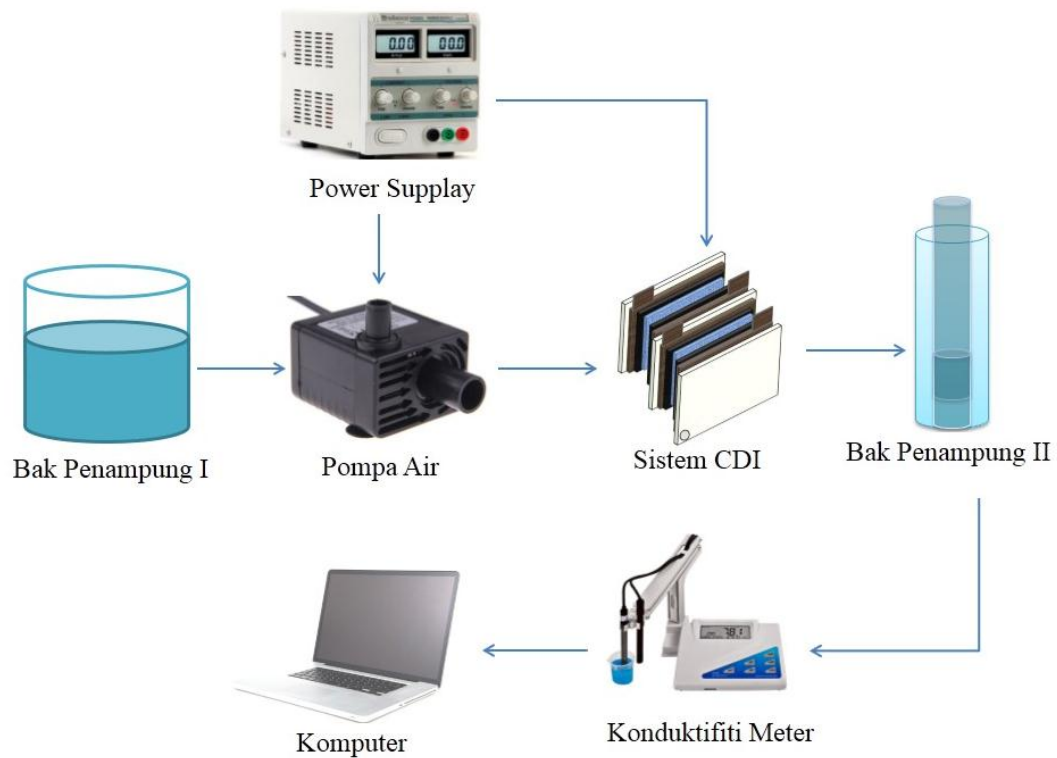
setelah proses desalinasi dengan CDI dapat diketahui dengan perhitungan menggunakan Persamaan (3.1) (Park et al., 2011):

$$\% \Delta \text{Kadar garam} = \frac{\sigma_f - \sigma_p}{\sigma_f} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dengan:

$\sigma_f$  = konduktifitas awal ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

$\sigma_p$  = konduktifitas akhir ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )



Gambar 3.5 Sistem Desalinasi *Capacitive Deionization*

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pembuatan Elektroda Karbon

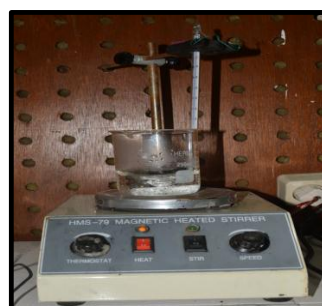
Pembuatan elektroda karbon dalam penelitian ini meliputi dua macam elektroda karbon yakni elektroda karbon berbinder *Polyvinyl Alcohol* (PVA) dengan karbon aktif modifikasi dan karbon aktif tanpa modifikasi. Tahapan pembuatan elektroda karbon dengan binder PVA dapat dilihat pada Gambar 4.1.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

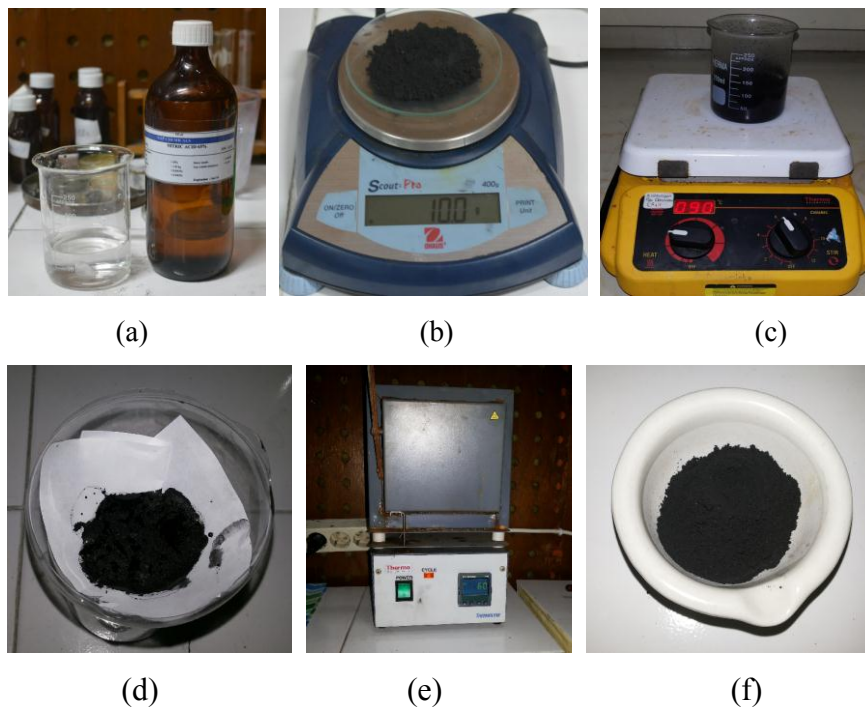
Gambar 4.1 Tahapan pembuatan elektroda karbon dengan binder *Polyvinyl Alcohol* (PVA) (a) Pemanasan Aquades hingga suhu 100°C (b) Penimbangan PVA sebanyak 1 g (c) Pelarutan PVA pada Aquades (d) Penimbangan karbon aktif sebanyak 20 g (e) Pencampuran larutan PVA dengan karbon aktif (f) Penimbangan glutaric acid sebanyak 0.5 g (g) Pelapisan adonan elektroda karbon pada *graphit sheet*, elektroda karbon kering setelah dibiarkan pada suhu ruang selama 4 hari (g) proses pemanasan elektroda karbon dengan menggunakan furnace (i) hasil Fabrikasi elektroda karbon berbinder *Polyvinyl Alcohol*.

Elektroda karbon dengan binder *Polyvinyl Alcohol* (PVA) memiliki komposisi karbon aktif (CV. Mitra Usaha mandiri) sebagai bahan utama, binder berupa PVA (Merk), pelarut berupa aquades (LIPI) serta *Glutaric acid* (Sigma Aldrich). PVA merupakan polimer yang bersifat hidrofilik. Penambahan *Glutaric acid* dimaksudkan agar terbentuk ikatan *crosslinking*. Suhu dalam pembentukan ikatan *crosslinking* menggunakan suhu 120° C karena pada suhu 120°C terbentuk elektroda yang lebih baik secara morfologi dan performa (Ellys, 2014). Karbon aktif sebagai bahan utama elektroda karbon, memiliki luas permukaan spesifik 700 - 1400 m<sup>2</sup>/ gram. Luas permukaan spesifik ini termasuk dalam luas permukaan spesifik yang dianjurkan oleh Porada (2013) yakni berkisar antara 1000 - 3500 m<sup>2</sup>/gram. Luas permukaan spesifik karbon aktif ini menguntungkan dalam penyerapan ion Na<sup>+</sup> serta ion Cl<sup>-</sup> dalam larutan garam NaCl. Hal ini didasarkan pada sifat utama dari karbon aktif yakni kemampuannya dalam menyerap zat yang terlarut dalam sebuah larutan (Berliana, 2014).

Komposisi elektroda yang dibuat adalah 20 g karbon aktif, 1 g PVA dan 0.5 g *Glutaric acid*. Karbon aktif dipanaskan pada suhu 80°C selama 24 jam. PVA dilarutkan pada aquades dalam suhu 100°C kemudian karbon aktif dimasukkan ke dalam larutan PVA sedikit demi sedikit kemudian adonan elektroda karbon distirer hingga karbon aktif berada pada sekitar suhu ruang. Ditambahkan *Glutaric acid* kemudian distirrer hingga 4 jam. Adonan elektroda karbon kemudian dilapiskan pada *graphit sheet* dan dibiarkan pada suhu ruang selama 4 hari hingga elektroda



karbon menjadi kering. Elektroda karbon kering kemudian dipanaskan dengan menggunakan *furnice* pada suhu 120°C selama 1 jam agar terbentuk ikatan *crosslinking*. Hasil fabrikasi elektroda karbon dengan binder PVA dengan metode *crosslinking* tampak pada Gambar 4.1i.



Gambar 4.2 Tahapan Modifikasi Karbon Aktif (a) Pengukuran larutan  $\text{HNO}_3$  sebanyak 100 mL (b) Penimbangan karbon aktif sebanyak 10 g (c) Proses pencampuran larutan  $\text{HNO}_3$  dengan karbon aktif selama 4 jam pada suhu 90°C (d) Pencucian karbon aktif dengan aquades hingga PH 7 (e) Pengeringan karbon aktif selama 1 jam dengan furnace pada suhu 60°C (f) Karbon aktif modifikasi.

Telah dilakukan modifikasi karbon aktif dengan menggunakan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi. Pada penelitian ini dilakukan tiga variasi modifikasi karbon aktif dengan tiga konsentrasi  $\text{HNO}_3$  seperti pada Table 4.1. Kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi tidak hanya ditentukan oleh porositas (luas permukaan dan distribusi ukuran pori), tetapi juga ditentukan oleh gugus-gugus fungsi yang ada pada permukaan suatu karbon aktif.  $\text{HNO}_3$  adalah oksidator yang kuat sehingga

dapat menghilangkan pengotor pada karbon aktif serta mengadsorpsi atom oksigen sehingga membentuk gugus-gugus fungsi pada permukaan karbon aktif (Setyadhi dkk, 2005).

Table 4.1 Perlakuan Modifikasi Karbon Aktif

No	Nama	Konsentrasi HNO <sub>3</sub>	Simbol
1	Karbon Aktif	-	AC
2	Karbon Aktif Modifikasi 1	8 M	ACM 8M
3	Karbon Aktif Modifikasi 2	9 M	ACM 9M
4	Karbon Aktif Modifikasi 3	10 M	ACM 10M

## 4.2 Pengujian Karbon Aktif

Bahan utama karbon aktif yang digunakan dalam pembuatan elektroda adalah karbon yang terbentuk dari aktivasi kimia maupun fisika. Proses aktivasi ini bertujuan merubah struktur dari karbon aktif. Perubahan yang terjadi memperbanyak pori dan membuat porositas baru sehingga karbon aktif mempunyai daya serap tinggi (Sembiring M.T, 2003).

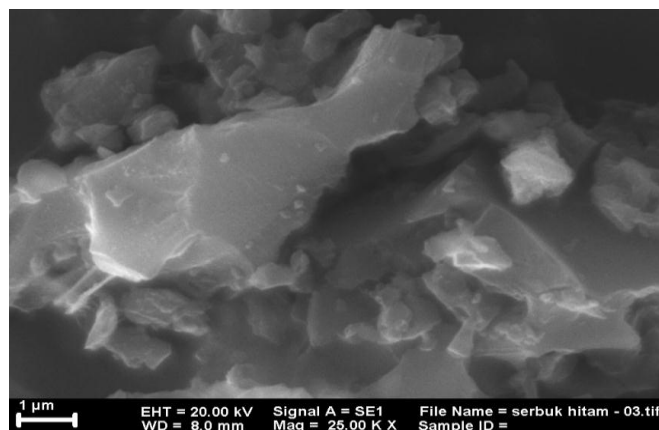
Pada proses pembuatan karbon aktif gugus-gugus aktif pada permukaan karbon menghilang. Hal itu terjadi karena pada saat pembuatan karbon aktif menggunakan temperatur yang tinggi sehingga mengakibatkan gugus-gugus aktif terlepas dan tersisa karbon.

Sifat kimia permukaan karbon aktif dapat secara selektif dimodifikasi dengan tujuan untuk lebih meningkatkan kapasitas adsorpsi. Hal ini karena kemampuan adsorpsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur pori tetapi juga dipengaruhi oleh gugus-gugus fungsi pada permukaan karbon atau sifat kimia permukaannya (Setyadhi and dkk, 2005). Hasil modifikasi karbon aktif dengan HNO<sub>3</sub> dapat dilihat morfologi dan pembentukan ikatan yang terjadi pada permukaan karbon melalui uji SEM dan FTIR.

### 4.2.1 Analisis Morfologi Karbon Aktif

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari karbon aktif yang telah dimodifikasi. Berdasarkan hasil uji karbon aktif dengan menggunakan instrument SEM seperti pada Gambar 4.3 terlihat bahwa hasil modifikasi karbon dengan HNO<sub>3</sub> dapat menghilangkan pengotor pada karbon aktif serta tampak

mempunyai lebih sedikit serpihan-serpihan pengotornya dan, lebih halus secara struktur. Hal ini karena  $\text{HNO}_3$  merupakan oksidator yang kuat, sehingga dapat melarutkan pengotor pada karbon aktif. Namun untuk mengetahui morfologi dari karbon aktif yang telah dimodifikasi perlu dilakukan uji lanjutan yaitu dengan BET. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Huang et al pada tahun 2014, karbon aktif modifikasi memiliki memiliki surface area dan ukuran pori yang lebih kecil dibandingkan karbon aktif tanpa modifikasi.

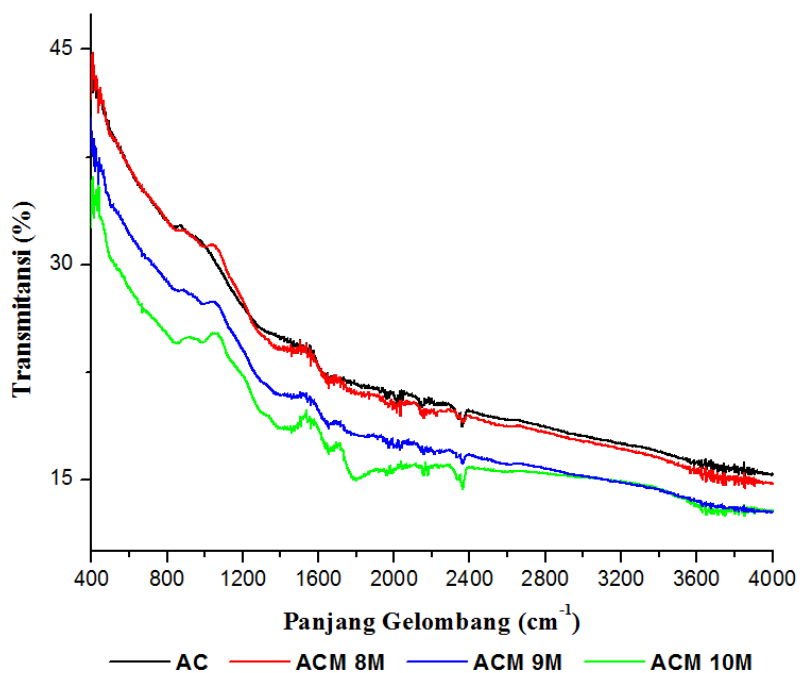


Gambar 4.3 Struktur Morfologi Karbon Aktif Modifikasi.

#### 4.2.2 Analisis Gugus Fungsi Karbon Aktif

FTIR (Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red) adalah metode analisis material dengan menggunakan spektroskopi sinar infra merah dengan rentang panjang gelombang  $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ . Dalam FTIR radiasi infra merah ditembakkan ke arah sampel. Sebagian radiasi sinar infra merah tersebut diserap (diadsorpsi) oleh sampel dan sebagian lagi diteruskan (ditransmisikan) melalui molekul tersebut yang menghasilkan sebuah spectrum. Hasil spectrum tersebut mewakili nilai adsorbs dan transmisi dari sampel uji tersebut. Apabila sampel yang diuji menyerap radiasi infamerah, energi yang diserap meningkatkan amplitudo vibrasi atom-atom yang saling berikatan sehingga menimbulkan puncak tiap lekukan panjang gelombang, puncak yang timbul menandai adanya ikatan pada sampel yang diuji (Maun, 2010).

Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk identifikasi karbon aktif. Analisis dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh karbon aktif. Hasil uji FTIR pada karbon aktif ditujukan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Uji FTIR Karbon Aktif (AC = Karbon Akif, ACM = Karbon Aktif Modifikasi)

Tabel 4.2 Hasil Uji FTIR pada Karbon Aktif Sebelum dan Sesudah Dimodifikaasi

PAJANG GELOMBANG (cm <sup>-1</sup> )	
AC	C-C 1555
	O-C -
	O=C -
	O-H -
ACM 8M	C-C 1505
	O-C -
	O=C 1694
	O-H -
ACM 9M	C-C 1533
	O-C 1058
	O=C -
	O-H -
ACM 10M	C-C 1538
	O-C 1055
	O=C 1694
	O-H 2038 2166 2222 2413

Hasil analisis berdasarkan hasil uji FTIR pada Gambar 4.4 terjadi penambahan gugus-gugus fungsi pada karbon aktif modifikasi yaitu gugus eter (C-O), gugus karboksilat, gugus karboksil (C=O), dan gugus fenol (O-H). Pembentukan gugus-gugus pada karbon aktif dapat dilihat pada Table 4.1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Huang et al pada tahun 2014, peningkatan gugus yang mengandung oksigen pada permukaan karbon aktif, meningkatkan sifat hidrofilik dari elektroda yang memungkinkan meningkatnya bidang kontak ion-ion yang bermanfaat pada proses desalinasi, dan dapat pula meningkatkan nilai kapasitif secara elektrokimia, peningkatan nilai kapasitansi dari elektroda memungkinkan penyerapan ion-ion garam yang lebih maksimal pada proses desalinasi, karena kemampuan sebuah elektroda dalam menyerap ion-ion garam sangat bergantung pada besarnya nilai kapasitansi dari elektroda tersebut.

### **4.3 Pengujian Elektroda karbon**

Elektroda yang dibuat diharapkan memiliki spesifik surface area yang memungkinkan ion bergerak bebas. Kemampuan penyerapan garam bergantung pada spesifik surface area yakni memiliki pori-pori yang memungkinkan ion bergerak keluar dan masuk dengan mudah (S. Porada et al, 2013) serta memiliki nilai kapasitansi yang tinggi. Pori-pori yang memungkinkan ion bergerak keluar dan masuk dengan mudah dapat direkam dengan menggunakan uji SEM EDX. Sedangkan untuk mengetahui nilai kapasitansi dapat dihitung dengan menggunakan uji elektrokimia yakni berupa CV dan EIS.

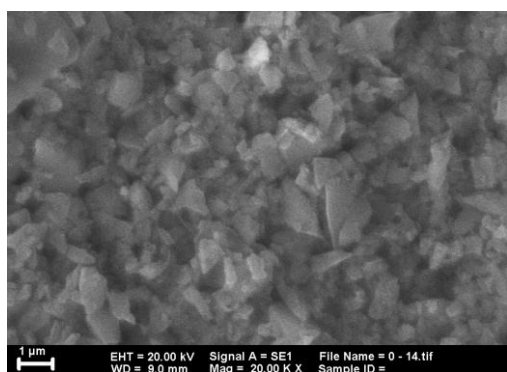
#### **4.3.1 Analisis morfologi elektroda karbon**

Salah satu cara untuk mengetahui morfologi dan komposisi material penyusun pada elektroda yang telah fabrikasi adalah dengan pengujian SEM/EDX. Pengujian morfologi elektroda adalah untuk mengetahui struktur pori yang terbentuk pada permukaan elektroda dan komposisi material penyusun pada elektroda yang telah difabrikasi dengan metode crosslinking.

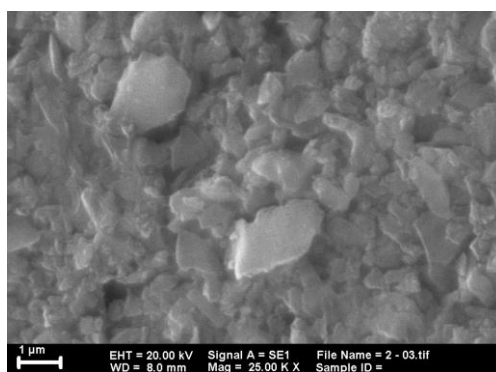
Morfologi permukaan elektroda karbon dengan binder PVA dipengaruhi oleh struktur karbon yang digunakan, konsentrasi crosslinker dan temperatur pembentukan ikatan crosslinking. Pada penelitian ini digunakan

konsentrasi crosslinker dan temperatur pembentukan ikatan crosslinking yang sama pada setiap elektroda. Ikatan *crosslinking* antara GA dan PVA menghasilkan padatan yang tidak dapat larut dalam air. Pada penambahan *crosslinker* (GA) dengan konsentrasi kecil akan menyebabkan ikatan PVA-GA terbentuk seperti membran/jaringan sementara semakin banyak *crosslinker* yang ditambahkan maka struktur ikatan akan semakin kompak. Sedangkan pengaruh temperatur pemanas pada proses pembentukan *crosslinking* menunjukkan pada temperatur 120°C pori-pori telah banyak terbentuk pada elektroda karbon (Ellys, 2014). Gambar 4.5 menunjukkan struktur permukaan elektroda karbon dengan bahan dasar karbon aktif biasa dan karbon aktif modifikasi (AC, ACM 8M, ACM 9M, dan ACM 10M).

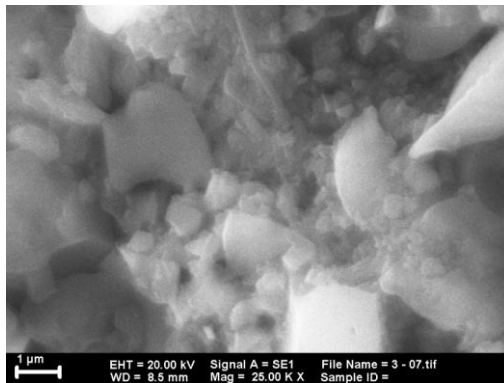
Pada Gambar 4.5 dapat dilihat semua permukaan elektroda yang telah difabrikasi memiliki jumlah pori yang berbeda. Jumlah pori yang terbentuk tersebut terbentuk berdasarkan jenis karbon yang digunakan dalam proses fabrikasi elektroda. Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa elektroda yang difabrikasi dengan ACM 8M memiliki jumlah pori yang lebih kecil dibandingkan elektroda lainnya, pori-pori pada permukaan elektroda meningkat seiring peningkatan konsentrasi  $\text{HNO}_3$  yang digunakan pada proses modifikasi karbon aktif. Peningkatan jumlah pori pada spesifik surface area elektroda yang difabrikasi memungkinkan ion bergerak keluar dan masuk dengan mudah sehingga dapat meningkatkan kemampuan penyerapan garam pada permukaan elektroda ketika proses desalinasi.



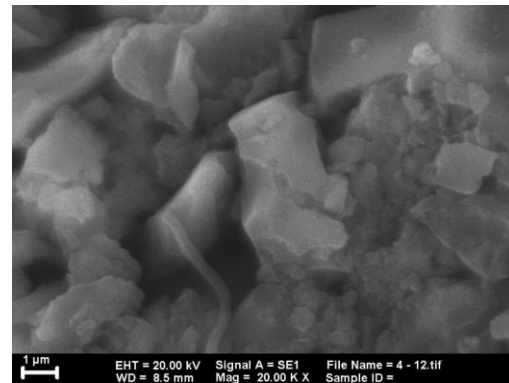
(a)



(b)



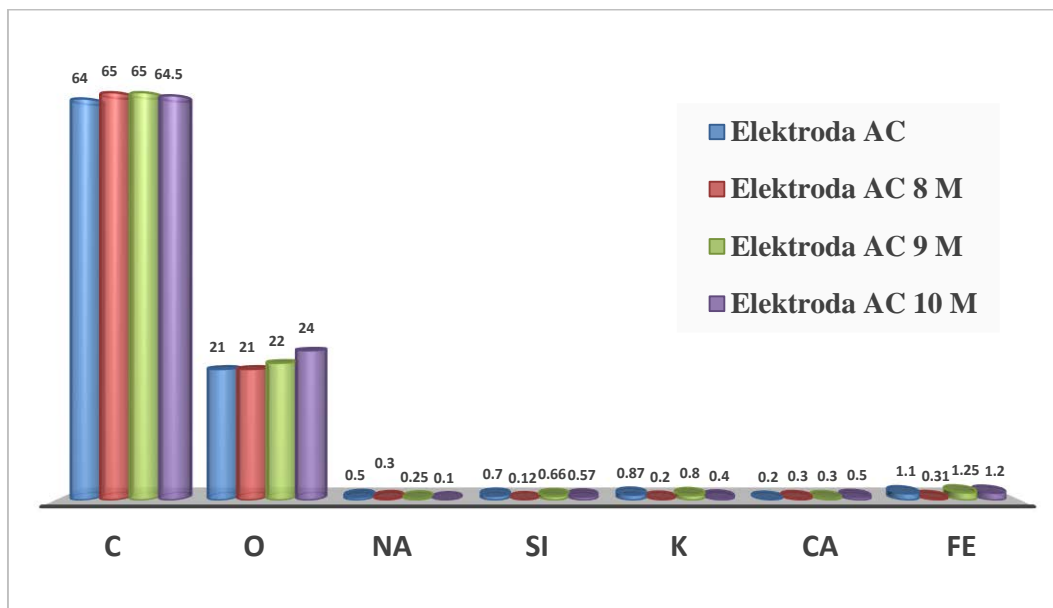
(c)



(d)

Gambar 4.5 Bentuk Morfologi Elektroda Karbon Menggunakan Binder *Polyvinyl Alcohol*, (a) Elektroda dengan AC, (b) Elektroda dengan ACM 8M, (c) Elektroda dengan ACM 9M (d) Elektroda dengan ACM 10M.

Komposisi bahan penyusun elektroda karbon berdasarkan hasil uji SEM/EDX dapat dilihat pada Gambar 4.6. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa komposisi bahan penyusun elektroda karbon yang telah dibuat sama, namun berbeda pada persentase kadar bahan penyusun masing-masing elektroda. Dapat dianalisis bahwa komposisi karbon pada masing-masing elektroda relatif sama, namun terjadi peningkatan komposisi oksigen sekitar 3% pada elektroda yang difabrikasi dengan menggunakan bahan dasar ACM. Kandungan oksigen meningkat seiring meningkatnya konsentrasi larutan  $\text{HNO}_3$  yang digunakan pada saat proses modifikasi karbon aktif. Peningkatan jumlah oksigen dalam elektroda disebabkan karena pada saat modifikasi terbentuk gugus-gugus fungsi yang mengandung oksigen pada permukaan karbon aktif. Peningkatan kandungan oksigen pada permukaan elektroda yang difabrikasi dapat meningkatkan nilai kapasitif secara elektrokimia, meningkatkan sifat hidrofilik dari elektroda yang memungkinkan meningkatnya bidang kontak ion-ion yang bermanfaat pada proses desalinasi.



Gambar 4.6 Komposisi Bahan Penyusun Elektroda Karbon dengan Binder *PVA*.  
Unsur Penyusun Elektroda Karbon dalam Satuan (%)

### 4.3.2 Analisis Elektrokimia

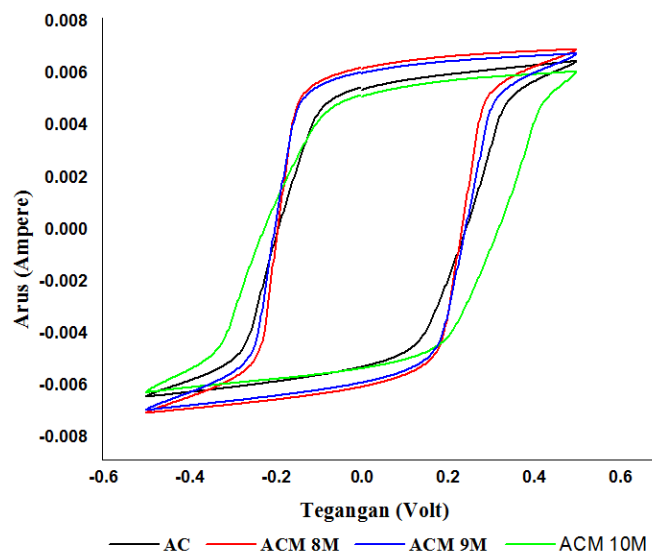
#### 4.3.2.1 *Cyclic Voltametri (CV)*

Kemampuan elektroda dalam mengadsorpsi ion-ion garam sangat dipengaruhi oleh nilai spesifik kapasitansi dari elektroda tersebut. Semakin besar nilai spesifik kapasitansi maka semakin besar kemampuan elektroda dalam mengadsorpsi ion-ion garam. Untuk mengetahui nilai spesifik kapasitansi dari sebuah elektroda digunakan pengujian *Cyclic Voltametry*. Uji *Cyclic Voltametry* menggunakan tiga elektroda kerja yakni elektroda referensi, elektroda bantu dan elektroda kerja. Elektroda referensi merupakan elektroda inert ( $\text{Ag}/\text{AgCl}$ ), elektroda ini tidak terpengaruh oleh larutan elektrolit yang digunakan. Sedangkan elektroda kerja adalah elektroda karbon yang ingin diketahui sifat-sifat elektrokimianya terhadap larutan elektrolit.

Pengujian CV pada sampel elektroda karbon dengan binder PVA dapat dilihat pada Gambar 4.6. Pengukuran CV ini dilakukan dengan memberikan potensial tertentu pada sel elektrokimia yang diuji, dari potensial tinggi ke rendah dan kembali lagi ke tinggi. Pada saat potensial diterapkan pada elektroda, reaktan akan bergerak menuju antar muka elektroda kerja sehingga mengalami oksidasi



dengan menerima elektron dari elektrolit. Ketika potensial dibalik dengan arah sebaliknya, hasil reaksi akan bergerak menjauhi elektroda sehingga mengalami proses reduksi dengan melepaskan elektron (Tyas, 2014). Perpindahan elektron secara siklik ini menyebabkan kenaikan arus sampai pada nilai tertentu kemudian turun kembali sesuai dengan potensial yang diberikan. Perubahan arus ini yang terukur dalam voltammogram dalam fungsi potensial. Pada uji *cyclic voltametri* ini dilakukan dengan scan rate antara 10 mv/s, range tegangan antara -5 volt hingga 5 volt dalam 10 siklus.



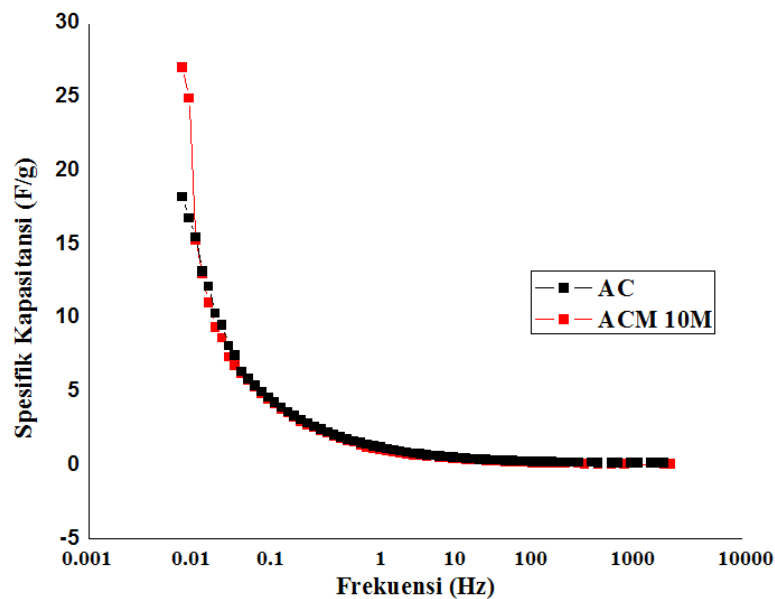
Gambar 4.7 *Cyclic Voltametry* untuk (a) Elektroda Karbon dengan Binder PVA

Pengujian elektroda dilakukan dalam 10 siklus bertujuan untuk mendapatkan nilai arus reduksi dan oksidasi ketika elektroda dalam kondisi stabil yang ditandai dengan selisih perubahan kapasitansi antara siklus disekitarnya tidak berubah jauh (Jia and Zou, 2012a). Dari hasil yang terlihat pada Gambar 4.7 terlihat nilai spesifik kapasitansi elektroda dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.1) dibagi dengan massa elektroda uji didapatkan nilai pada tipe AC, ACM 8M, ACM 9M, dan ACM 10M berturut turut yaitu 5 F/g, 7.8 F/g, 8.26 F/g, dan 8.91 F/g. Nilai kapasitansi terbesar adalah 8.91 F/g yang dimiliki oleh elektroda ACM 10M, hal ini dikarenakan bentuk voltamogram elektroda 10 *cycle* menunjukkan selisih arus reduksi dan oksidasi lebih besar dari pada elektroda yang lain, lebar kurva pada

masing-masing voltammogram menunjukkan nilai jumlah arus anodik dan katodik didalam sistem elektrokimia (B-H Park, et al. 2011). Idealnya bentuk kurva voltammogram untuk elektroda berbentuk persegi panjang (Nadakatti et al., 2011), yang menunjukkan arus reduksi dan oksidasi jelas dan stabil. Semakin besar nilai kapasitansi yang dimiliki elektroda maka semakin besar kemampuan elektroda untuk mengurangi kadar garam karena ion – ion garam lebih mudah tertarik dan tertahan pada permukaan elektroda. Hasil pengujian siklik voltametri menunjukkan bahwa elektroda dengan tipe AC memiliki performa yang kurang baik yang ditandai dengan kecilnya nilai kapasitansi yaitu sebesar 5 F/g dibandingkan dengan elektroda yang lainnya. Hal ini menunjukkan saat potensial diterapkan pada elektroda perpindahan electron secara siklik tidak berlangsung dengan baik karena dimungkinkan pori elektroda yang terbentuk relatif kecil dan sedikit sehingga menutupi jalannya transfer electron menuju elektroda saat proses reduksi maupun oksidasi dijalankan (Tyas, 2014).

#### **4.3.2.2 *Electrical Impedance Spectroscopy (EIS)***

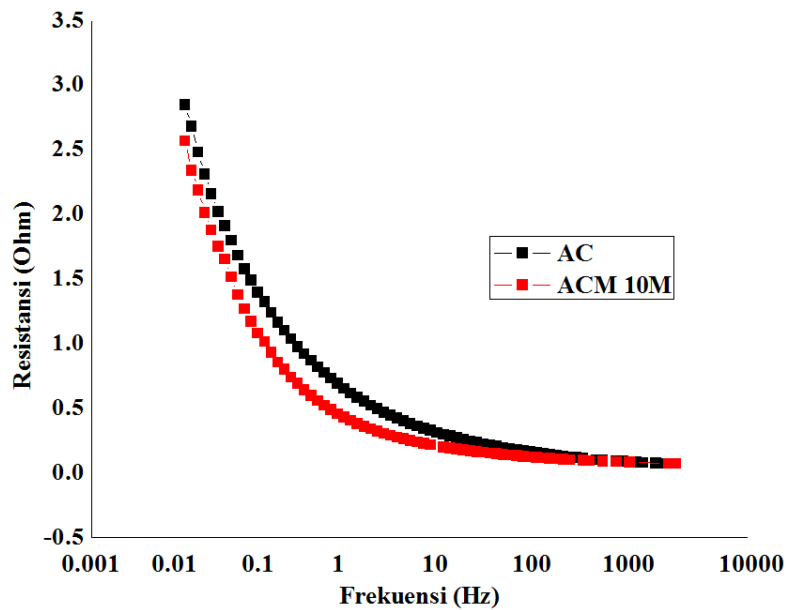
EIS adalah metode untuk menganalisis respon suatu elektroda terhadap sinyal potensial AC pada amplitud rendah (10 mV) dari rentang frekuensi yang sangat lebar. Pada prinsipnya EIS (*Electrical Impedance Spectroscopy*) digunakan untuk menentukan parameter kinetika elektrokimia yang berkaitan dengan besaran-besaran listrik seperti kapasitansi, resistansi dan induktansi. Untuk menganalisis resistansi dan kapasitansi pada karbon elektroda, nilainya diturunkan dari nilai impedansi elektroda. Nilai impedansi sistem bergantung pada frekuensi sinyal yang diberikan. Sehingga dengan memvariasi frekuensi pada sinyal yang diberikan dapat diperoleh impedansi sistem sebagai fungsi frekuensi. Frekuensi pengukuran EIS sebaiknya berada pada selang frekuensi antara (0.01 – 50000) Hz (Gileadi, 2011).



Gambar 4.8 Grafik Spesifik Kapasitansi Terhadap Frekuensi pada Elektroda Karbon

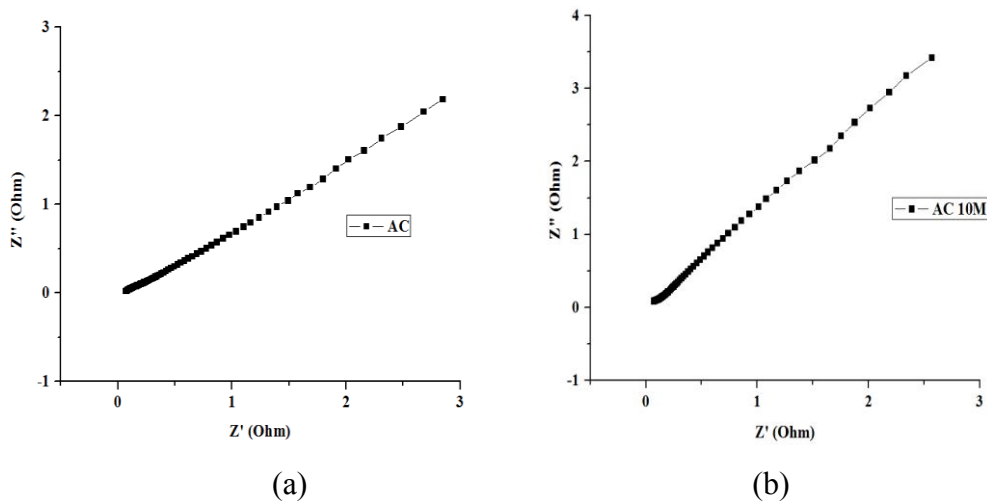
Dari Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai spesifik kapasitansi terbesar yang terukur sebesar 18.21 F/g untuk elektroda AC dan 27.02 F/g untuk elektroda ACM 10M pada frekuensi 0.01 Hz. Nilai spesifik kapasitansi menurun seiring dengan bertambahnya frekuensi dan konstan pada frekuensi tinggi, hal ini sesuai dengan persamaan impedansi kapasitan yang menyatakan kapasitansi berbanding terbalik dengan nilai frekuensi angular. Hal ini dikarenakan saat frekuensi rendah diterapkan maka transfer elektron tidak terganggu oleh frekuensi.

Gambar 4.9 mengilustrasikan resistensi pengisian sebagai fungsi frekuensi untuk AC dan ACM 10M sebagai elektroda. Dalam rentang frekuensi 0,01-10000 Hz, ACM 10M memiliki resistensi pengisian jauh lebih rendah daripada AC. Hal ini menunjukkan bahwa elektroda dengan ACM lebih baik dalam mentransmisi ion-ion elektrolit dalam pori-pori.



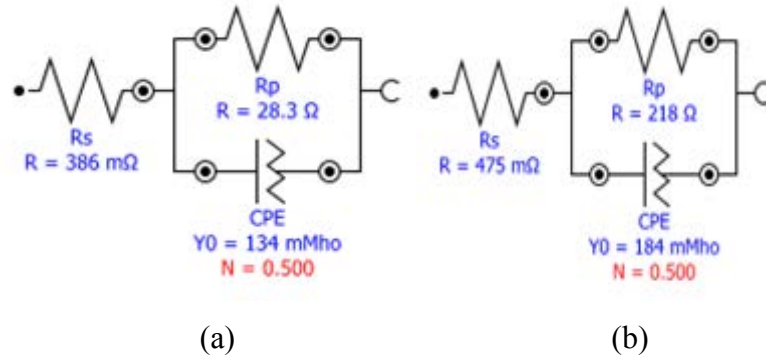
Gambar 4.9 Grafik Resistansi Pengisian Terhadap Frekuensi pada Elektroda Karbon

Pada pengujian EIS diperoleh data nilai impedansi pada masing-masing elektroda serta diperoleh rangkaian ekuivalen yang menunjukkan nilai - nilai besaran listrik pada elektroda yaitu nilai kapasitansi dan nilai resistansi elektroda. Rangkaian ekivalen akan muncul yang kemudian dicocokkan dengan kurva nyquist hasil pengukuran seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Nyquist (a) Elektroda Karbon dengan AC (b) Elektroda Karbon dengan ACM 10M

Berdasarkan rangkaian ekuivalen ini diperoleh rangkaian yang terdiri atas kapasitor dan resistor membentuk rangkaian seperti Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Rangkaian Ekuivalen Hasil Pengujian EIS pada: (a) Elektroda Karbon AC (b) Elektroda Karbon ACM dengan Binder PVA

Rangkaian ekivalen berupa rangkaian sederhana dimana tahanan larutan  $R_s$  disusun secara seri dengan tahanan transfer muatan  $R_{ct}$  yang diparalel dengan kapasitor  $C_{dl}$  seperti pada Gambar 4.11. Rangkaian listrik ekivalen tersebut menggambarkan keadaan listrik elektroda pada saat direndam dalam larutan elektrolit. Secara matematis dapat dituliskan (Gileadi, 2011).

$$Z(\omega) = R_s + \frac{1}{\frac{1}{R_p} - \frac{j\omega C_{dl}}{1}} = R_s + \frac{R_p}{1 + j\omega C_{dl} R_p}$$

$$Z(\omega) = R_s + \left[ \frac{R_p}{1 + j\omega C_{dl} R_p} \right] \times \left[ \frac{1 - j\omega C_{dl} R_p}{1 - j\omega C_{dl} R_p} \right]$$

$$Z(\omega) = R_s + \frac{R_p}{1 + (\omega C_{dl} R_p)^2} - j \times \frac{\omega C_{dl} R_p}{1 + (\omega C_{dl} R_p)^2}$$

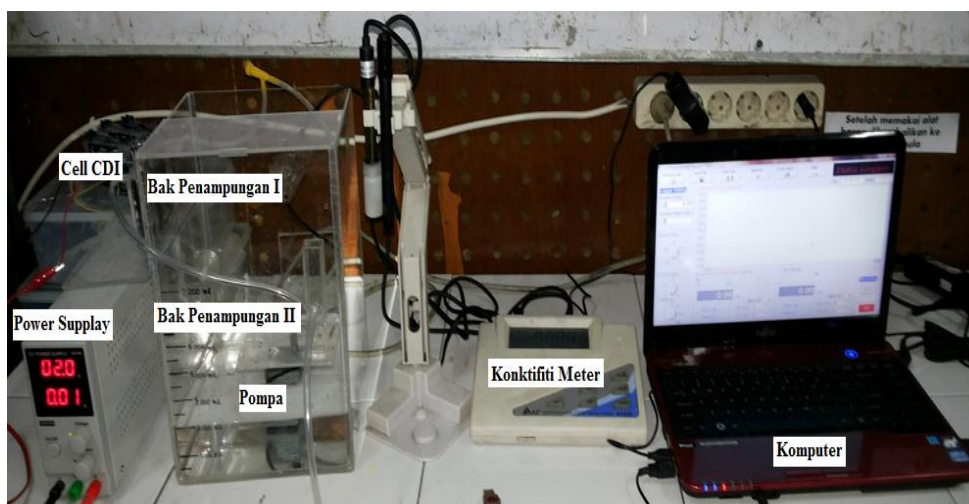
Berdasarkan rangkaian ekuivalen pada Gambar 4.11, karbon elektroda AC dan ACM 10M memiliki nilai kapasitansi berturut-turut 134 mMho dan 184 mMho.  $N$  adalah konstanta empiris, dengan besarnya nilai  $N$  dari 0 sampai 1 yang menyatakan sifat dari kapasitor CPE. Pada  $N = 1$ , CPE berperilaku sebagai capacitor murni, sedangkan pada  $N = 0$ , CPE berperilaku hambatan murni. Selanjutnya, jika  $N = 0.5$ , CPE disebut semi-infite. Sifat CPE dapat dilihat berdasarkan berdasarkan kemiringan grafik Nyquist dimana kemiringan grafik berbanding lurus dengan nilai  $N$  (Autolab Application Note EIS03). Nilai

kapasitansi terukur karena adanya pengkutupan permukaan elektroda dan orientasi larutan menunjukkan bahwa rangkaian bersifat semi-infite atau  $N = 0.5$  dengan kemiringan grafik Nyquist  $45^\circ$ .

#### 4.4 Pembuatan Sistem CDI

Sistem CDI dibuat dengan merangkai akrilik, grafit sheet, elektroda karbon dan spacer menjadi satu. Akrilik berfungsi sebagai tempat melekat elektroda pada cell CDI, grafit sheet berfungsi sebagai kolektor arus dengan tebal 0.3 mm, elektroda karbon yang berfungsi sebagai tempat adsorbs dan desorsi larutan dan spacer yang berfungsi sebagai pemisah antara elektroda positif dan negative agar tidak terjadi kontak. Satu rangkaian yang terdiri atas sepasang elektroda karbon disebut satu cell. Satu sistem CDI terdiri atas 2 (dua) cell CDI.

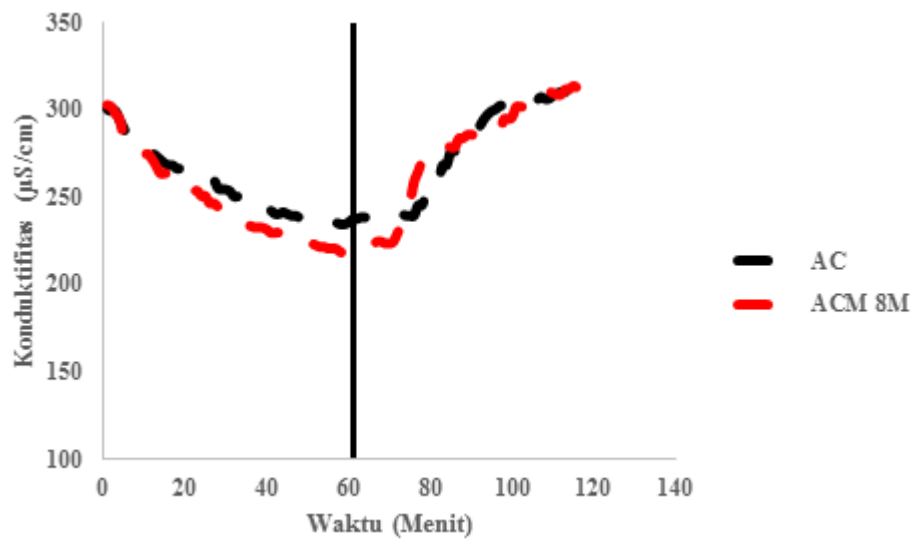
Sistem desalinasi berbasis CDI terdiri atas pompa (aquarium water pump TJ1600) yang berfungsi untuk memompa larutan NaCl dari wadah menuju Cell CDI, wadah penampung larutan NaCl, cell CDI, konduktivimeter yang berfungsi untuk mengukur besarnya nilai konduktifitas larutan, dan *power supplay* yang berfungsi untuk memberi teggan pada elktroda cell CDI sehigga cell CDI mampu marik ion-ion NaCl ketika proses desalinasi. Pembuatan sistem desalinasi tampak pada Gambar 4.12.



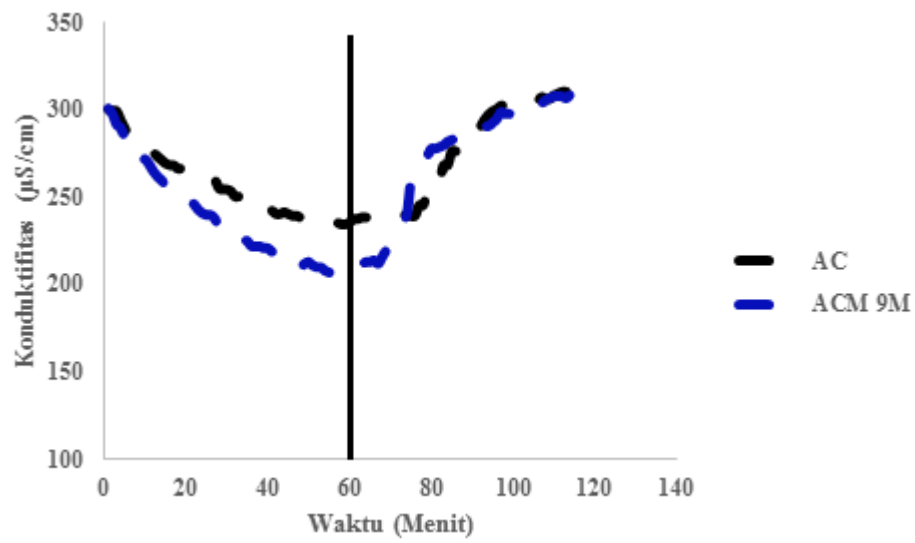
Gambar 4.12 Sistem Desalinasi CDI

#### **4.5 Pengujian sistem CDI**

Pada pengujian sistem CDI yang telah dibuat larutan NaCl dengan konsentrasi 320  $\mu$ S dialirkan dalam sistem dengan kelajuan 25 mL/menit pada tegangan 2 volt. Pengujian sistem desalinasi dilakukan dengan mengukur nilai konduktifitas dan salinitas larutan dengan menggunakan alat ukur tipe Benchtop pH/ORP/Conductivity/ TDS/Salinity Meter 86505 sebelum dan sesudah proses desalinasi. Perubahan jumlah ion yang teradsorpsi pada elektroda sebanding dengan perubahan nilai konduktifitas dan kadar garam pada aliran keluaran. Pada penelitian ini digunakan tegangan 2 volt karena menurut penelitian Huang et al pada tahun 2014, tegangan kerja elektroda pada sistem CDI berkisar antara 0.5 – 2.0 Volt dan performa CDI berbanding lurus dengan peningkatan tegangan, semakin tinggi tegangan yang diberikan semakin meningkat efisiensi dari sistem CDI dalam mengadsorpsi kandungan garam dalam larutan. Pada penelitian ini proses pengujian sistem CDI dilakukan selama 2 jam dalam satu siklus adsorpsi dan desorpsi masing-masing selama 1 jam. Selama proses adsorpsi elektroda akan menarik ion garam yang ditandai dengan berkurangnya nilai konduktifitas yang terukur pada sampel larutan yang telah dialirkan dalam sel CDI. Selanjutnya proses desorpsi adalah pelepasan ion garam kembali menuju aliran yang ditandai dengan bertambahnya nilai konduktifitas yang terukur pada sampel larutan. Hasil pengukuran nilai konduktifitas selama proses adsorpsi dan desorpsi direkam secara real time pada komputer. Proses adsorpsi dan desorpsi ditunjukkan pada Gambar 4.14.

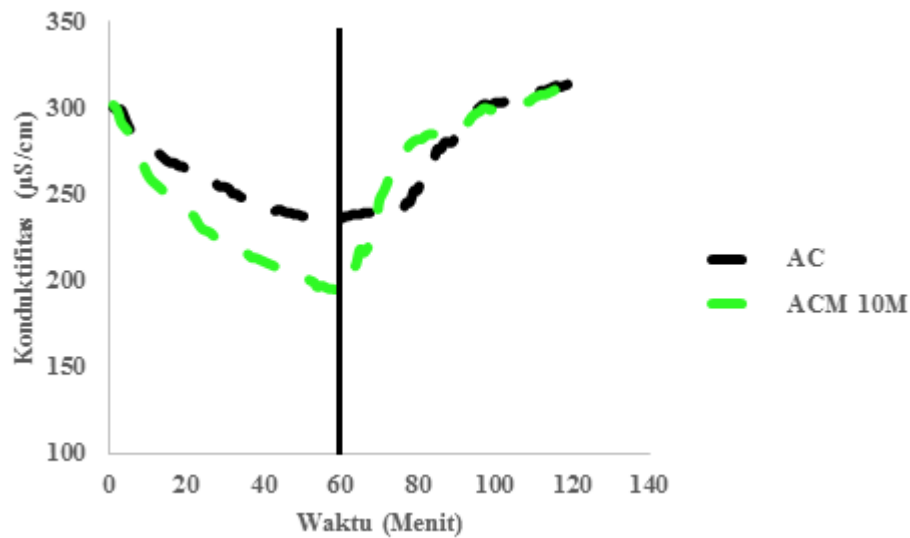


(a)



(b)

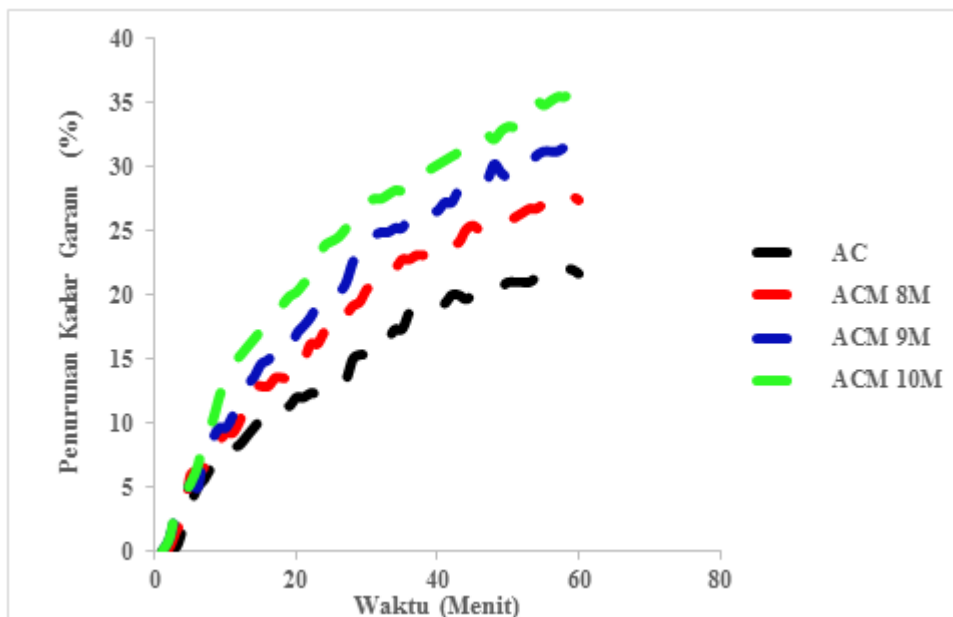




(c)

Gambar 4.14 Proses Desalinasi pada Sistem CDI (a) Perbandingan Hasil Desalinasi Elektroda AC dan ACM 8M (b) Perbandingan Hasil Desalinasi Elektroda AC dan ACM 9M (c) Perbandingan Hasil Desalinasi Elektroda AC dan ACM 10M

Bedasarkan Gambar 4.14a dapat dianalisis bahwa pada proses desalinasi CDI ACM 8M memiliki performa yang lebih baik dari elektroda AC namun tidak terjadi peningkatan performa yang signifikan ditandai dengan kecepatan adsorbs dan desorbsi yang relatif konstan hal ini berbanding lurus dengan nilai spesifik kapasitansi dari kedua elektroda. Pada Gambar 4.14b dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kemampuan adsorbsi dan desorbsi pada elektroda ACM 9M hal ini diyakini sebagai efek pembentukan gugus-gugus fungsi yang mengandung oksigen pada karbon aktif, penambahan gugus-gugus fungsi pada karbon aktif modifikasi meningkatkan sifat hidrofilik dari elektroda yang memungkinkan meningkatnya bidang kontak ion-ion pada permukaan elektroda dan meningkatkan nilai kapasitif secara elektrokimia sehingga memungkinkan penyerapan ion-ion yang lebih maksimal sehingga meningkatkan efisiensi dari sistem CDI pada proses desalinasi. Pada Gambar 4.14c dapat dilihat bahwa pada elektroda ACM 10 M terjadi peningkatan kemampuan adsorbs dan desorbsi yang signifikan ditandai dengan penurunan nilai konduktifitas yang besar.

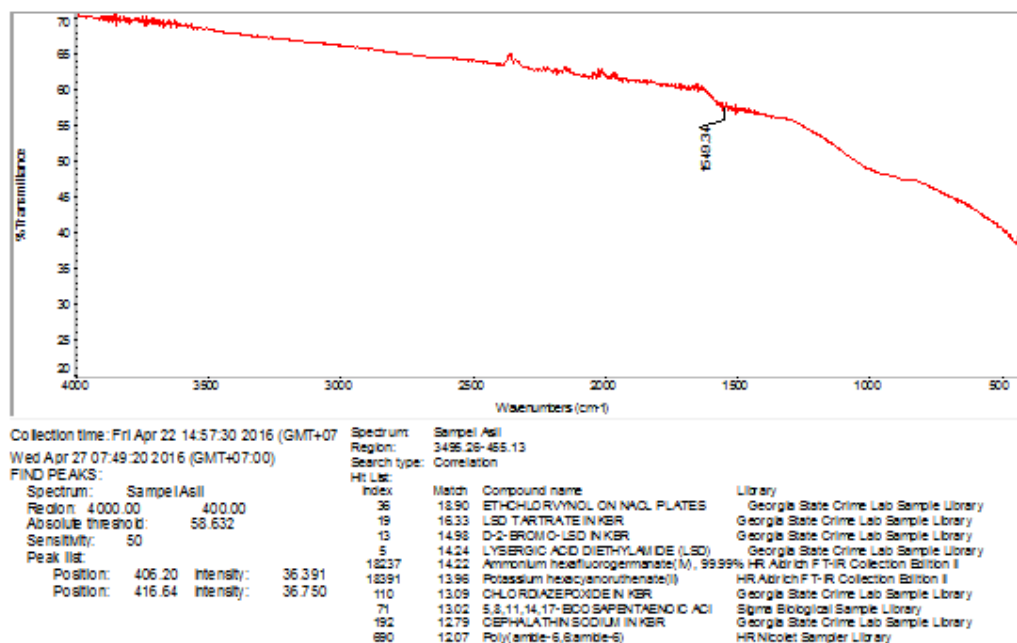


Gambar 4.15 Perbandingan Persentase Penurunan Kadar Garam pada Elektroda AC dan ACM

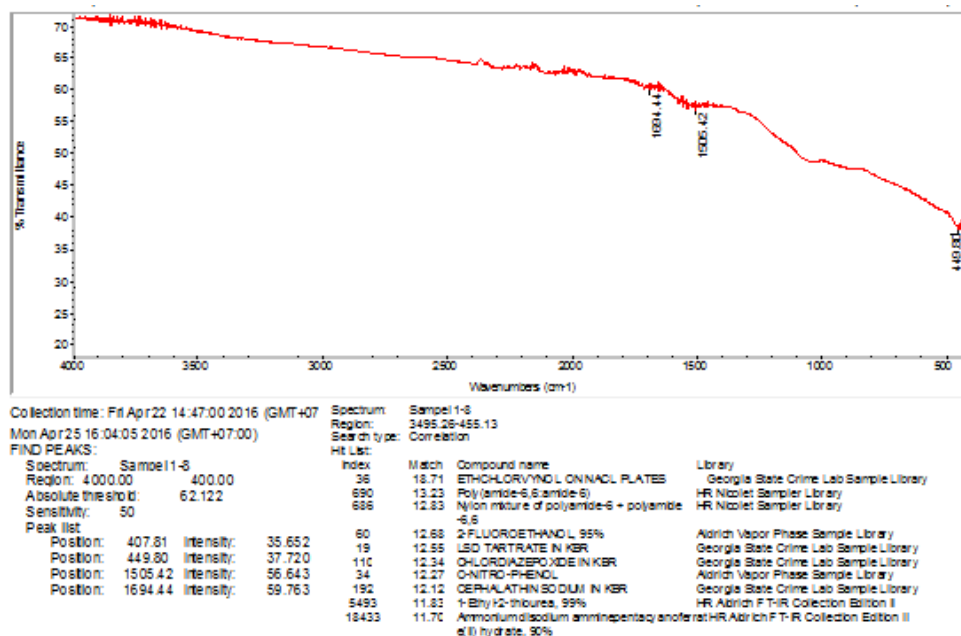
Berdasarkan hasil desalinasi selama 1 jam (Gambar 4.15) diperoleh pengurangan kadar garam pada elektroda karbon AC, ACM 8M, ACM 9M, dan ACM 10M berturut-turut 22, 27.72, 31.56 dan 35.09%. Dari hasil desalinasi tersebut diperoleh peningkatan persentase penurunan kadar garam pada elektroda modifikasi ACM 8M, ACM 9M, dan ACM 10M berturut-turut sebesar 5.72, 9.56, dan 14.09%, berdasarkan hasil peningkatan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa modifikasi karbon aktif dengan  $\text{HNO}_3$  dapat meningkatkan kemampuan desalinasi pada elektroda karbon berbinder PVA dengan metode *crosslinking*.

## LAMPIRAN

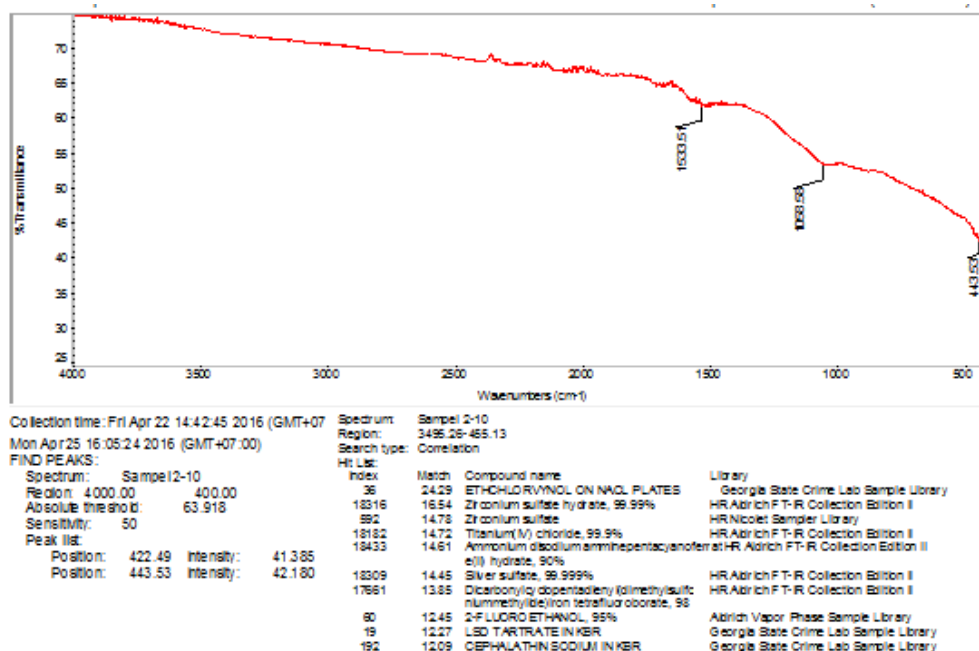
### Lampiran 1. Data FTIR Karbon Aktif (AC).



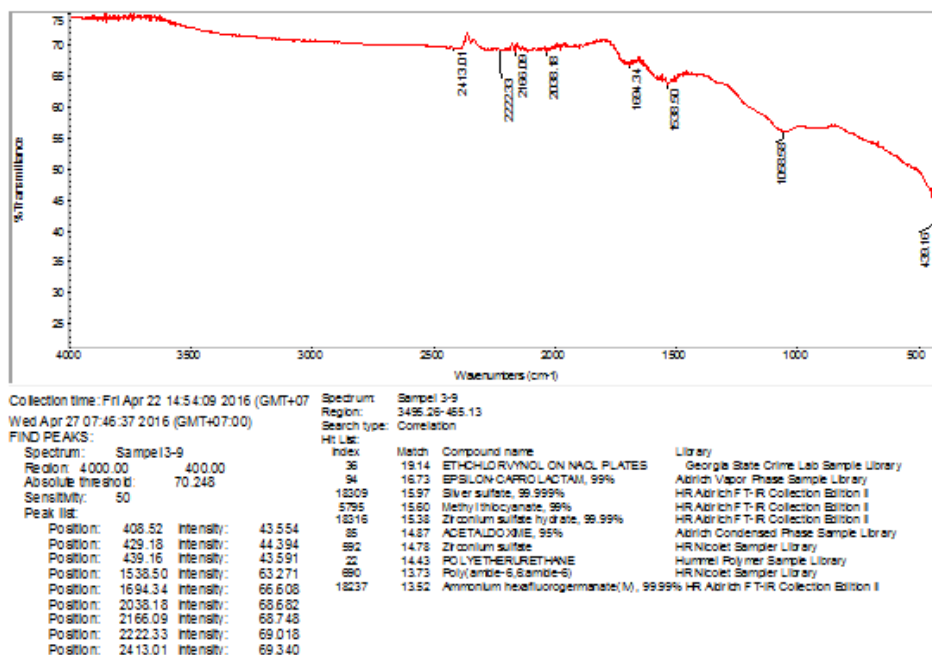
### Lampiran 2. Data FTIR Karbon Aktif Modifikas (AC 8M).



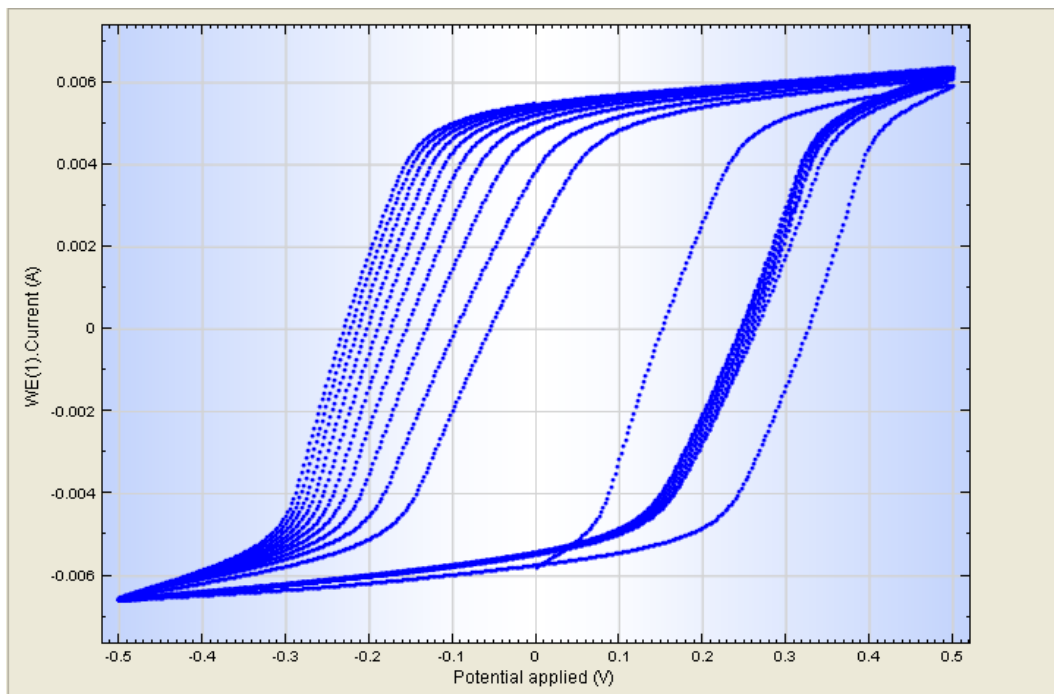
### Lampiran 3. Data FTIR Karbon Aktif Modifikas (AC 9M).



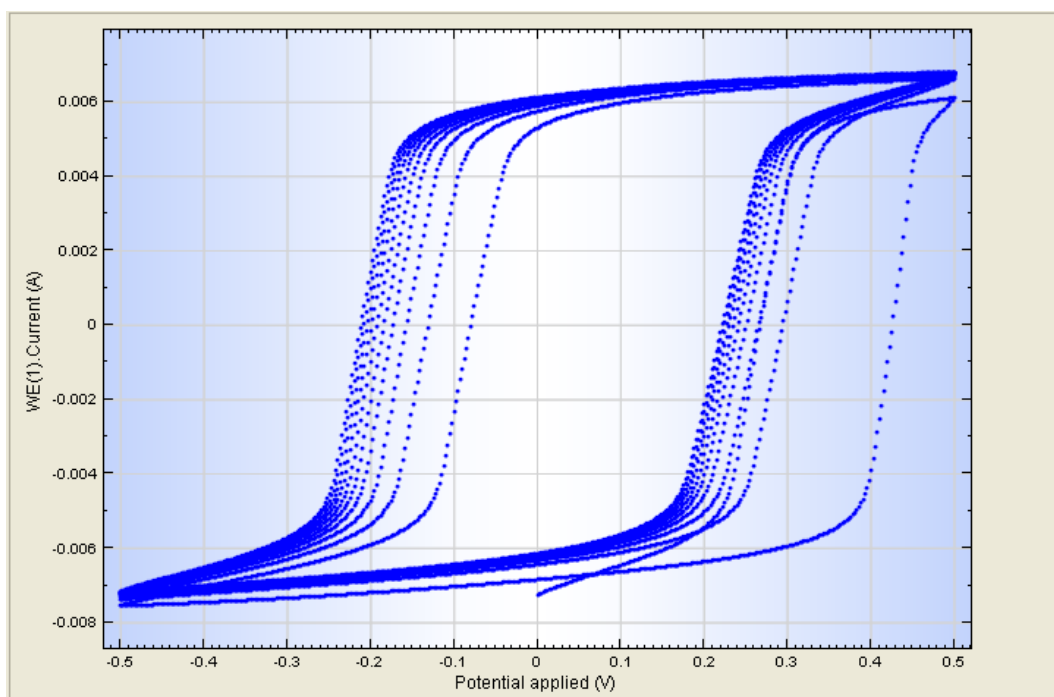
### Lampiran 4. Data FTIR Karbon Aktif Modifikas (AC 10M).



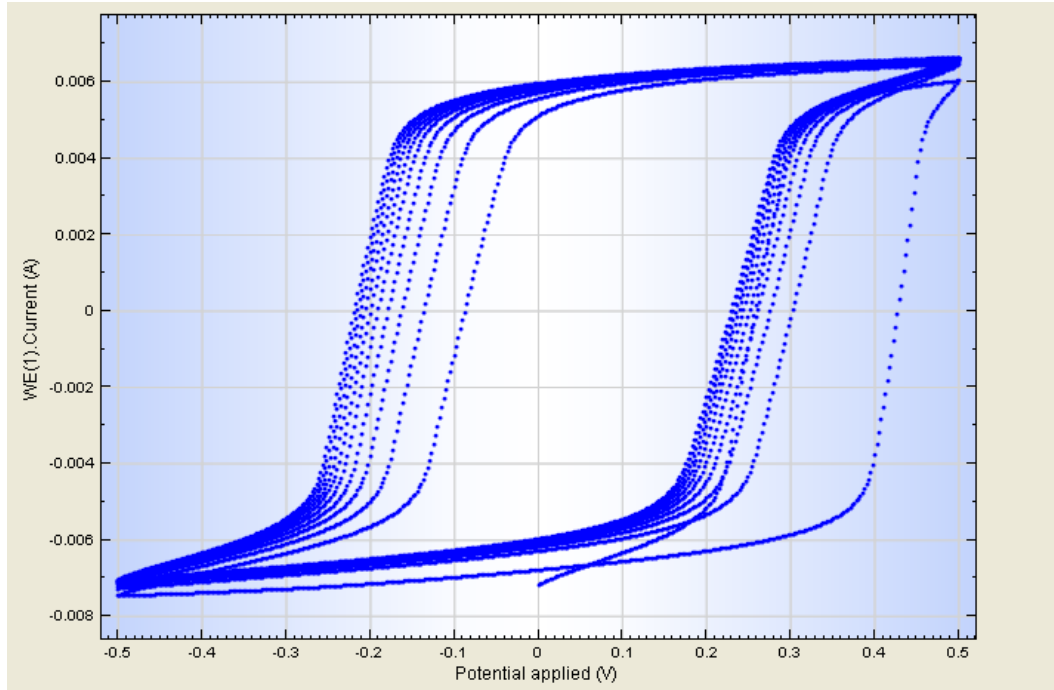
**Lampiran 5. Data CV Elektroda Karbon AC Berbinder PVA pada Scanrate 10 mV/s dalam 10 Siklus**



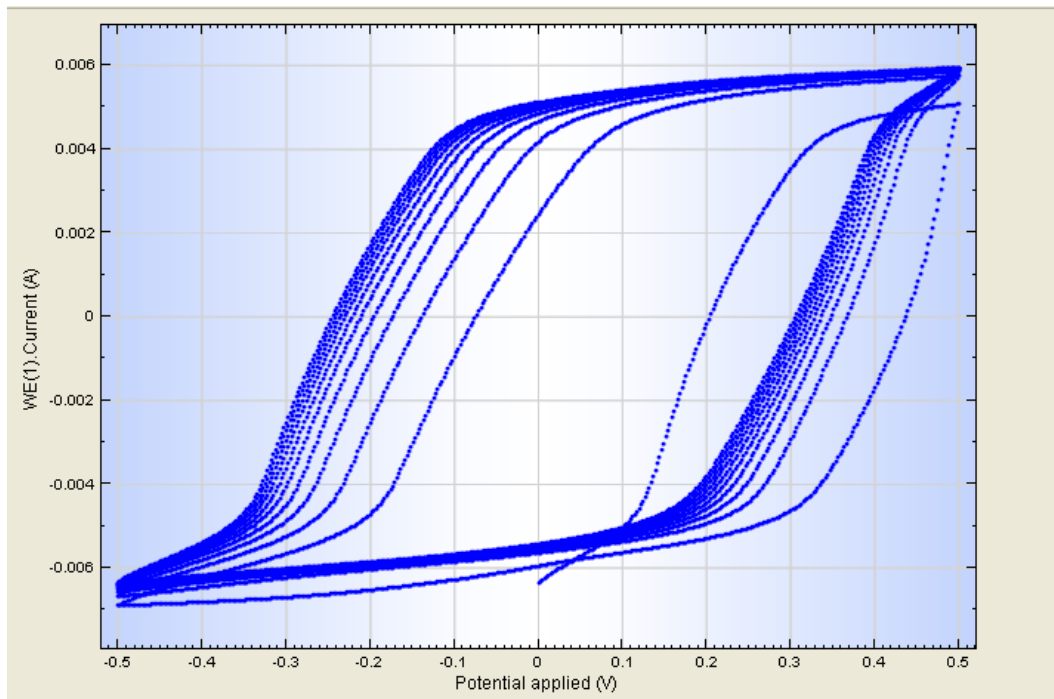
**Lampiran 6. Data CV Elektroda Karbon ACM 8M Berbinder PVA pada Scanrate 10 mV/s dalam 10 Siklus**



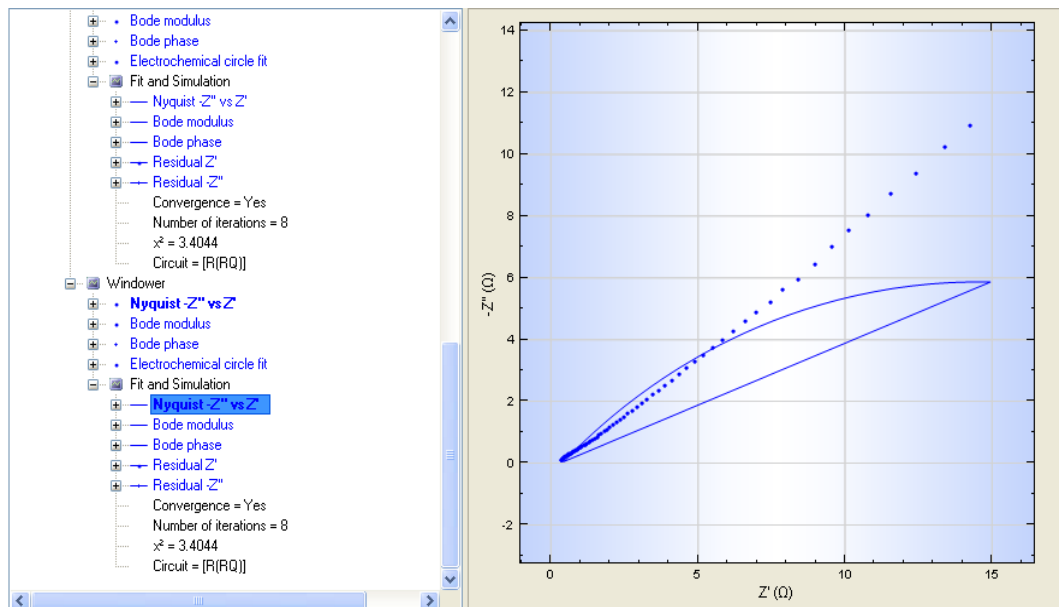
**Lampiran . Data CV Elektroda Karbon ACM 9M Berbinder PVA pada  
Scanrate 10 mV/s dalam 10 Siklus**



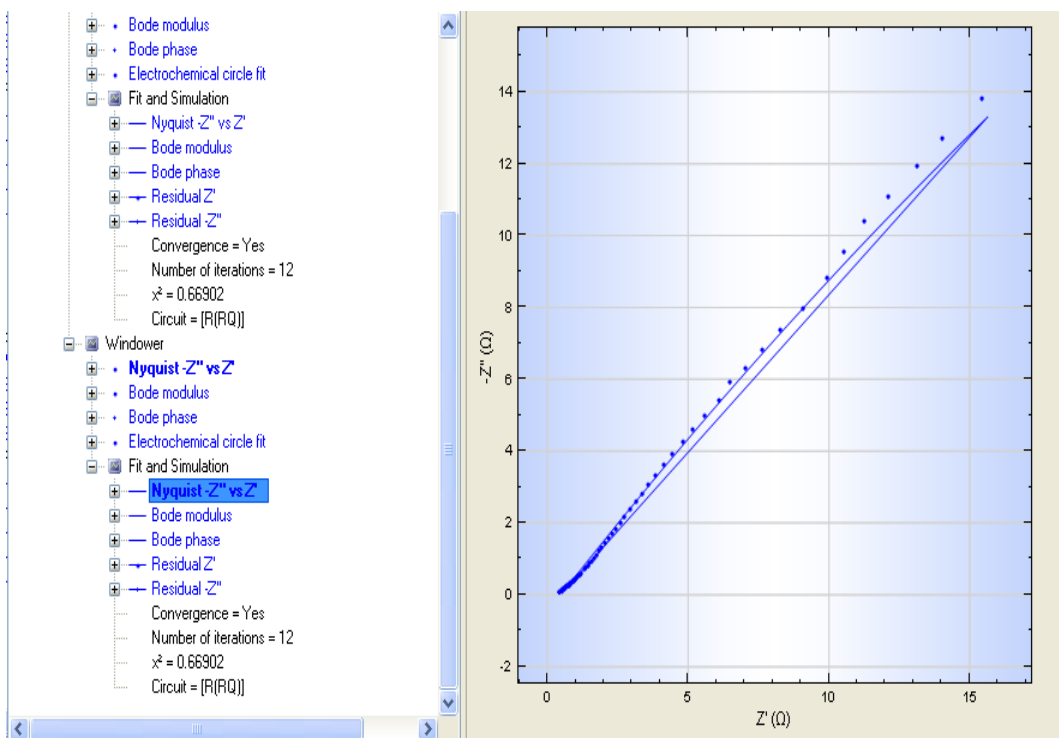
**Lampiran 8. Data CV Elektroda Karbon ACM 10M Berbinder PVA pada  
Scanrate 10 mV/s dalam 10 Siklus**



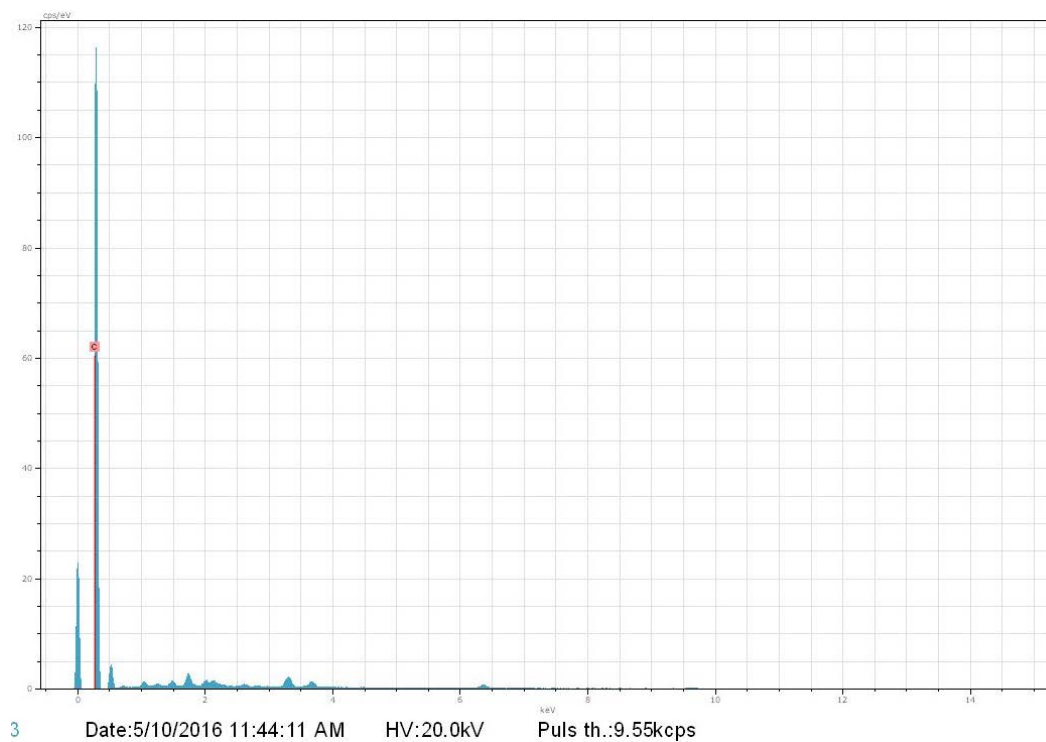
## Lampiran 9. Data EIS Elektroda Karbon AC Berbinder PVA



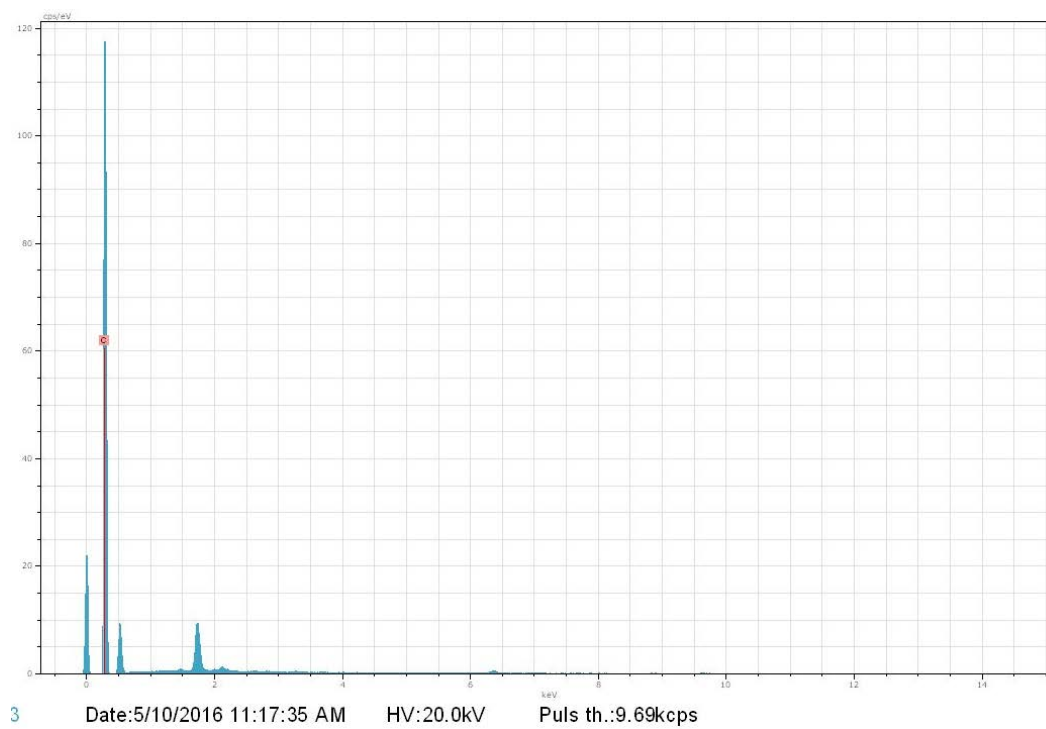
## Lampiran 10. Data CV Elektroda Karbon ACM 10M Berbinder PVA



### Lampiran 11. Data SEM Elektroda Karbon AC Berbinder PVA

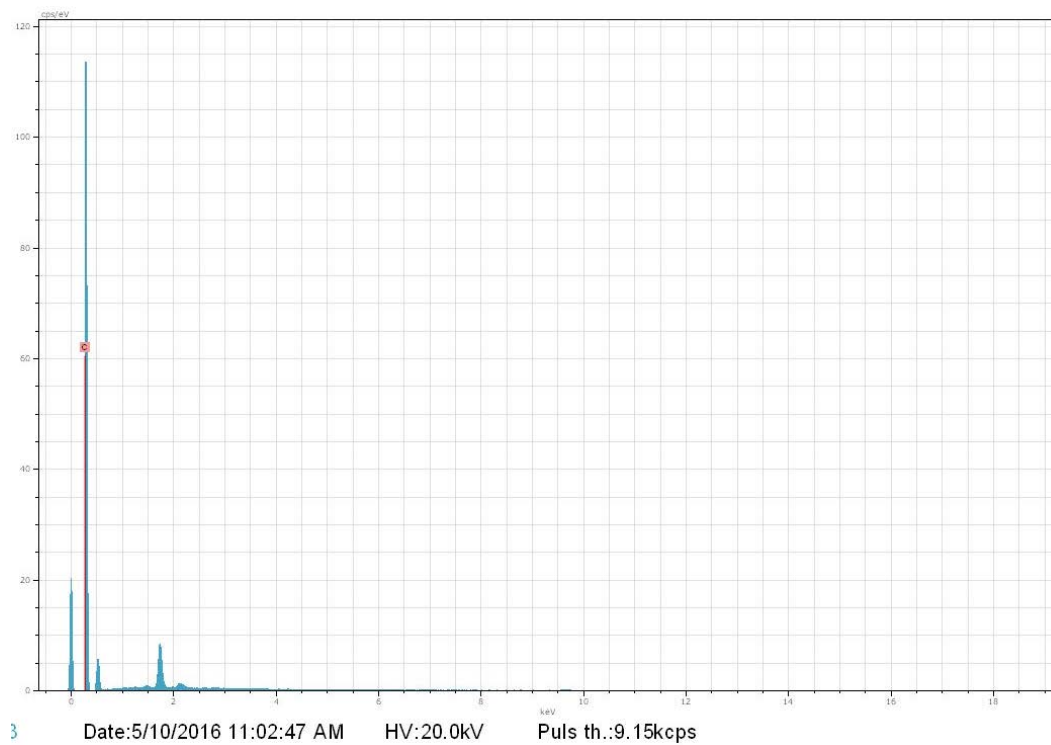


### Lampiran 12. Data SEM Elektroda Karbon ACM 8M Berbinder PVA

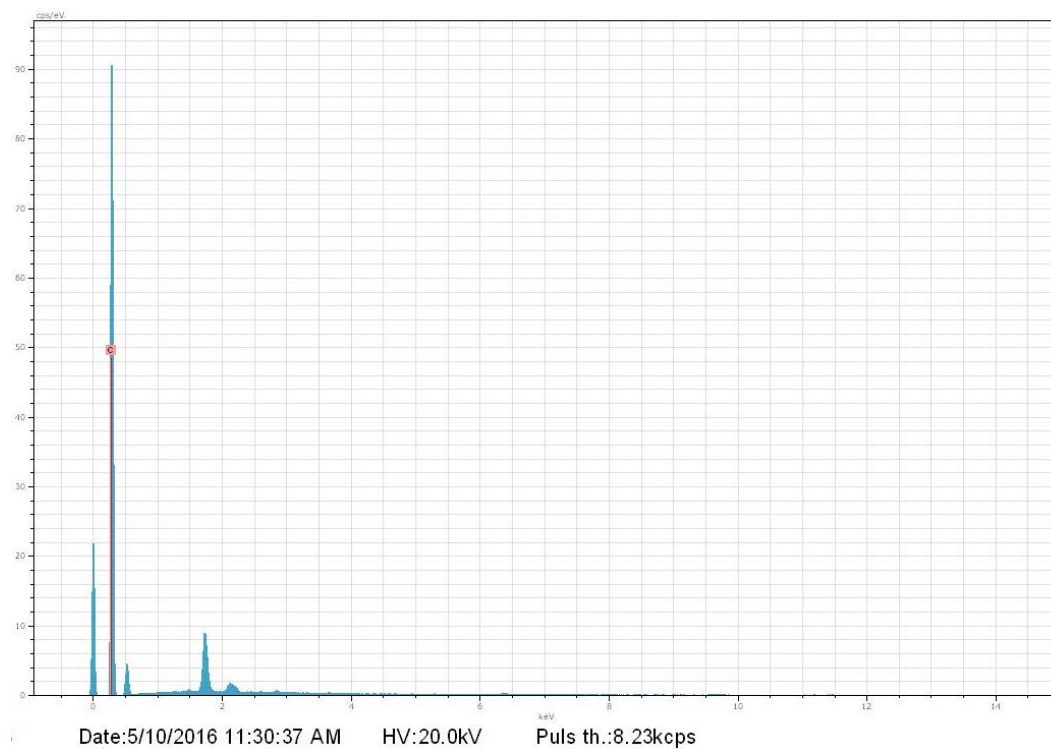




### Lampiran 13. Data SEM Elektroda Karbon ACM 9M Berbinder PVA



### Lampiran 14. Data SEM Elektroda Karbon ACM 10M Berbinder PVA



### Lampiran 15. Data Desalinasi AC Berbinder PVA

Index	---date---		--time--	pH	unit	mV	unit	Cond	unit	TDS
	unit	Salt	unit	TPH	unit	Tcon	unit			
1	6/5/2016	19:30:106.34		Nul	31.5	mV	300	uS	314	ppm
	316	ppm	27.5	C	27.4	C				
2	6/5/2016	19:31:106.34		Nul	31.6	mV	299	uS	316	ppm
	318	ppm	27.5	C	27.4	C				
3	6/5/2016	19:32:106.34		Nul	31.7	mV	299	uS	318	ppm
	319	ppm	27.6	C	27.4	C				
4	6/5/2016	19:33:106.34		Nul	31.7	mV	294	uS	319	ppm
	320	ppm	27.6	C	27.4	C				
5	6/5/2016	19:34:106.34		Nul	31.8	mV	289	uS	320	ppm
	321	ppm	27.6	C	27.5	C				
6	6/5/2016	19:35:106.34		Nul	31.8	mV	285	uS	321	ppm
	322	ppm	27.6	C	27.5	C				
7	6/5/2016	19:36:106.34		Nul	31.9	mV	283	uS	320	ppm
	322	ppm	27.7	C	27.6	C				
8	6/5/2016	19:37:106.34		Nul	32	mV	280	uS	320	ppm
	322	ppm	27.7	C	27.6	C				
9	6/5/2016	19:38:106.34		Nul	32	mV	277	uS	319	ppm
	321	ppm	27.7	C	27.6	C				
10	6/5/2016	19:39:106.34		Nul	32.1	mV	277	uS	320	ppm
	322	ppm	27.7	C	27.6	C				
11	6/5/2016	19:40:106.34		Nul	32.2	mV	276	uS	320	ppm
	321	ppm	27.7	C	27.6	C				
12	6/5/2016	19:41:106.34		Nul	32.3	mV	275	uS	320	ppm
	322	ppm	27.7	C	27.7	C				
13	6/5/2016	19:42:106.34		Nul	32.3	mV	273	uS	320	ppm
	321	ppm	27.8	C	27.7	C				
14	6/5/2016	19:43:106.34		Nul	32.4	mV	271	uS	319	ppm
	321	ppm	27.8	C	27.7	C				
15	6/5/2016	19:44:106.34		Nul	32.4	mV	269	uS	323	ppm
	324	ppm	27.8	C	27.7	C				
16	6/5/2016	19:45:106.34		Nul	32.5	mV	268	uS	315	ppm
	317	ppm	27.8	C	27.8	C				
17	6/5/2016	19:46:106.34		Nul	32.5	mV	268	uS	312	ppm
	314	ppm	27.8	C	27.9	C				
18	6/5/2016	19:47:106.34		Nul	32.6	mV	266	uS	311	ppm
	313	ppm	27.8	C	27.9	C				

19	6/5/201619:48:096.34 312 ppm 27.9	Nul C	32.7 27.9	mV C	266	uS	311	ppm
20	6/5/201619:49:096.34 311 ppm 27.9	Nul C	32.8 27.9	mV C	264	uS	310	ppm
21	6/5/201619:50:096.34 311 ppm 27.9	Nul C	32.8 27.9	mV C	264	uS	309	ppm
22	6/5/201619:51:096.34 310 ppm 27.9	Nul C	33 27.9	mV C	263	uS	309	ppm
23	6/5/201619:52:096.35 309 ppm 27.9	Nul C	33 28	mV C	263	uS	308	ppm
24	6/5/201619:53:096.35 309 ppm 27.9	Nul C	33.1 28	mV C	262	uS	307	ppm
25	6/5/201619:54:096.35 308 ppm 27.9	Nul C	33.1 28	mV C	261	uS	307	ppm
26	6/5/201619:55:096.35 308 ppm 28	Nul C	33.1 28	mV C	261	uS	307	ppm
27	6/5/201619:56:096.35 308 ppm 28	Nul C	33.2 28.1	mV C	260	uS	306	ppm
28	6/5/201619:57:096.35 307 ppm 28	Nul C	33.3 28.1	mV C	255	uS	306	ppm
29	6/5/201619:58:096.35 307 ppm 28	Nul C	33.3 28.1	mV C	254	uS	305	ppm
30	6/5/201619:59:096.35 307 ppm 28	Nul C	33.4 28.1	mV C	254	uS	305	ppm
31	6/5/201620:00:096.35 306 ppm 28	Nul C	33.5 28.1	mV C	253	uS	305	ppm
32	6/5/201620:01:096.35 306 ppm 28.1	Nul C	33.7 28.1	mV C	250	uS	305	ppm
33	6/5/201620:02:096.35 306 ppm 28	Nul C	33.8 28.1	mV C	250	uS	305	ppm
34	6/5/201620:03:096.35 306 ppm 28	Nul C	34 28.1	mV C	248	uS	305	ppm
35	6/5/201620:04:096.36 306 ppm 28	Nul C	34.1 28.1	mV C	248	uS	305	ppm
36	6/5/201620:05:096.36 306 ppm 28	Nul C	34.2 28.2	mV C	244	uS	305	ppm
37	6/5/201620:06:096.36 306 ppm 28	Nul C	34.3 28.2	mV C	243	uS	305	ppm

38	6/5/2016	20:07:09	6.36	Nul	34.3	mV	243	uS	304	ppm
	306	ppm	28	C	28.2	C				
39	6/5/2016	20:08:09	6.36	Nul	34.3	mV	242	uS	305	ppm
	306	ppm	28.1	C	28.2	C				
40	6/5/2016	20:09:09	6.36	Nul	34.3	mV	242	uS	304	ppm
	306	ppm	28.1	C	28.2	C				
41	6/5/2016	20:10:09	6.36	Nul	34.3	mV	242	uS	305	ppm
	306	ppm	28.1	C	28.2	C				
42	6/5/2016	20:11:09	6.36	Nul	34.5	mV	240	uS	304	ppm
	306	ppm	28.1	C	28.2	C				
43	6/5/2016	20:12:09	6.36	Nul	34.6	mV	240	uS	304	ppm
	306	ppm	28.1	C	28.2	C				
44	6/5/2016	20:13:09	6.37	Nul	34.7	mV	241	uS	304	ppm
	306	ppm	28.1	C	28.2	C				
45	6/5/2016	20:14:09	6.37	Nul	34.8	mV	240	uS	304	ppm
	306	ppm	28.1	C	28.2	C				
46	6/5/2016	20:15:09	6.37	Nul	34.8	mV	239	uS	304	ppm
	306	ppm	28.1	C	28.3	C				
47	6/5/2016	20:16:09	6.37	Nul	34.8	mV	239	uS	304	ppm
	305	ppm	28.1	C	28.3	C				
48	6/5/2016	20:17:09	6.37	Nul	34.8	mV	238	uS	304	ppm
	306	ppm	28.1	C	28.3	C				
49	6/5/2016	20:18:09	6.38	Nul	34.8	mV	238	uS	304	ppm
	305	ppm	28.1	C	28.3	C				
50	6/5/2016	20:19:09	6.38	Nul	34.9	mV	237	uS	304	ppm
	305	ppm	28.2	C	28.3	C				
51	6/5/2016	20:20:09	6.38	Nul	34.9	mV	237	uS	304	ppm
	305	ppm	28.2	C	28.3	C				
52	6/5/2016	20:21:09	6.38	Nul	34.9	mV	237	uS	305	ppm
	306	ppm	28.2	C	28.3	C				
53	6/5/2016	20:22:09	6.38	Nul	35	mV	237	uS	305	ppm
	307	ppm	28.2	C	28.3	C				
54	6/5/2016	20:23:09	6.38	Nul	35.1	mV	236	uS	306	ppm
	307	ppm	28.2	C	28.3	C				
55	6/5/2016	20:24:09	6.38	Nul	35.2	mV	236	uS	306	ppm
	307	ppm	28.2	C	28.3	C				
56	6/5/2016	20:25:09	6.38	Nul	35.3	mV	235	uS	306	ppm
	307	ppm	28.2	C	28.3	C				

57	6/5/201620:26:096.38 308 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	235	uS	306	ppm
58	6/5/201620:27:096.39 308 ppm 28.2	Nul C	35.5 28.3	mV C	234	uS	306	ppm
59	6/5/201620:28:096.39 308 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	234	uS	306	ppm
60	6/5/201620:29:096.39 308 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	235	uS	306	ppm
61	6/5/201620:30:096.39 308 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	237	uS	306	ppm
62	6/5/201620:31:096.39 308 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	237	uS	306	ppm
63	6/5/201620:32:096.39 308 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	238	uS	307	ppm
64	6/5/201620:33:096.39 308 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	238	uS	307	ppm
65	6/5/201620:34:096.39 308 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	238	uS	307	ppm
66	6/5/201620:35:096.39 308 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	239	uS	307	ppm
67	6/5/201620:36:096.39 308 ppm 28.3	Nul C	35.3 28.3	mV C	239	uS	307	ppm
68	6/5/201620:37:096.4 308 ppm 28.3	Nul C	35.3 28.3	mV C	239	uS	307	ppm
69	6/5/201620:38:096.4 308 ppm 28.3	Nul C	35.3 28.3	mV C	239	uS	307	ppm
70	6/5/201620:39:096.4 308 ppm 28.3	Nul C	35.2 28.3	mV C	239	uS	307	ppm
71	6/5/201620:40:096.4 308 ppm 28.3	Nul C	35.2 28.3	mV C	240	uS	307	ppm
72	6/5/201620:41:096.4 308 ppm 28.3	Nul C	35.2 28.3	mV C	240	uS	307	ppm
73	6/5/201620:42:096.4 308 ppm 28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	240	uS	307	ppm
74	6/5/201620:43:096.4 309 ppm 28.4	Nul C	35.3 28.3	mV C	239	uS	307	ppm
75	6/5/201620:44:096.4 309 ppm 28.4	Nul C	35.3 28.3	mV C	239	uS	307	ppm

76	6/5/201620:45:09	6.4 309 ppm 28.4	Nul C	35.3 28.3	mV C	239	uS	307	ppm
77	6/5/201620:46:09	6.34 309 ppm 28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	245	uS	307	ppm
78	6/5/201620:47:09	6.34 309 ppm 28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	245	uS	307	ppm
79	6/5/201620:48:09	6.34 309 ppm 28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	252	uS	307	ppm
80	6/5/201620:49:10	6.34 309 ppm 28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	252	uS	307	ppm
81	6/5/201620:50:10	6.34 309 ppm 28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	259	uS	307	ppm
82	6/5/201620:51:10	6.34 309 ppm 28.4	Nul C	35.3 28.3	mV C	259	uS	308	ppm
83	6/5/201620:52:10	6.34 309 ppm 28.5	Nul C	35.3 28.3	mV C	268	uS	307	ppm
84	6/5/201620:53:09	6.34 309 ppm 28.5	Nul C	35.3 28.3	mV C	268	uS	307	ppm
85	6/5/201620:54:09	6.34 309 ppm 28.6	Nul C	35.2 28.3	mV C	276	uS	307	ppm
86	6/5/201620:55:09	6.35 309 ppm 28.6	Nul C	35 28.3	mV C	276	uS	307	ppm
87	6/5/201620:56:09	6.35 309 ppm 28.6	Nul C	35 28.3	mV C	280	uS	308	ppm
88	6/5/201620:57:09	6.35 309 ppm 28.7	Nul C	34.9 28.3	mV C	280	uS	308	ppm
89	6/5/201620:58:09	6.35 309 ppm 28.7	Nul C	34.8 28.4	mV C	280	uS	308	ppm
90	6/5/201620:59:09	6.35 309 ppm 28.7	Nul C	34.8 28.4	mV C	285	uS	308	ppm
91	6/5/201621:00:09	6.35 309 ppm 28.7	Nul C	34.8 28.3	mV C	287	uS	308	ppm
92	6/5/201621:01:09	6.35 309 ppm 28.8	Nul C	34.8 28.3	mV C	290	uS	308	ppm
93	6/5/201621:02:09	6.35 309 ppm 28.8	Nul C	34.8 28.4	mV C	294	uS	308	ppm
94	6/5/201621:03:09	6.35 309 ppm 28.8	Nul C	34.8 28.4	mV C	297	uS	308	ppm

95	6/5/2016	21:04:09	6.35	Nul	34.8	mV	299	uS	308	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
96	6/5/2016	21:05:09	6.35	Nul	34.8	mV	300	uS	307	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
97	6/5/2016	21:06:09	6.35	Nul	34.8	mV	302	uS	307	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
98	6/5/2016	21:07:09	6.35	Nul	34.9	mV	302	uS	307	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
99	6/5/2016	21:08:09	6.35	Nul	34.9	mV	301	uS	307	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
100	6/5/2016	21:09:09	6.35	Nul	34.9	mV	303	uS	307	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
101	6/5/2016	21:10:09	6.35	Nul	35	mV	303	uS	308	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
102	6/5/2016	21:11:09	6.35	Nul	35	mV	303	uS	307	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
103	6/5/2016	21:12:09	6.35	Nul	35	mV	304	uS	307	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
104	6/5/2016	21:13:09	6.35	Nul	35	mV	304	uS	307	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
105	6/5/2016	21:14:09	6.35	Nul	35	mV	304	uS	307	ppm
	309	ppm	28.8	C	28.4	C				
106	6/5/2016	21:15:10	6.35	Nul	35	mV	305	uS	307	ppm
	309	ppm	28.9	C	28.4	C				
107	6/5/2016	21:16:10	6.35	Nul	35	mV	307	uS	307	ppm
	309	ppm	28.9	C	28.4	C				
108	6/5/2016	21:17:09	6.35	Nul	35	mV	306	uS	308	ppm
	309	ppm	28.9	C	28.4	C				
109	6/5/2016	21:18:09	6.35	Nul	34.9	mV	306	uS	307	ppm
	309	ppm	28.9	C	28.4	C				
110	6/5/2016	21:19:09	6.35	Nul	34.9	mV	308	uS	307	ppm
	309	ppm	28.9	C	28.4	C				
111	6/5/2016	21:20:09	6.35	Nul	34.9	mV	309	uS	307	ppm
	309	ppm	28.9	C	28.4	C				
112	6/5/2016	21:21:09	6.35	Nul	34.9	mV	310	uS	307	ppm
	309	ppm	28.9	C	28.4	C				
113	6/5/2016	21:22:09	6.35	Nul	34.9	mV	310	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.5	C				

114	6/5/2016	21:23:09	6.35	Nul	35	mV	311	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.5	C				
115	6/5/2016	21:24:09	6.35	Nul	35	mV	312	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.5	C				
116	6/5/2016	21:25:09	6.35	Nul	35	mV	313	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.6	C				
117	6/5/2016	21:26:09	6.35	Nul	35.1	mV	312	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.6	C				
118	6/5/2016	21:27:09	6.35	Nul	35.1	mV	313	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.6	C				
119	6/5/2016	21:28:09	6.35	Nul	35.2	mV	314	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.6	C				
120	6/5/2016	21:29:09	6.35	Nul	35.2	mV	320	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.6	C				
121	6/5/2016	21:30:09	6.34	Nul	35.2	mV	321	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.6	C				
122	6/5/2016	21:31:09	6.34	Nul	35.2	mV	321	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.5	C				
123	6/5/2016	21:32:09	6.34	Nul	35.2	mV	322	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.6	C				
124	6/5/2016	21:33:09	6.34	Nul	35.2	mV	322	uS	307	ppm
	309	ppm	29	C	28.6	C				



### Lampiran 16. Data Desalinasi ACM 8M Berbinder PVA

Index	---date---		--time--	pH	unit	mV	unit	Cond	unit	TDS
	unit	Salt	unit	TPH	unit	Tcon	unit			
1	6/5/2016	22:59:106.4		Nul	31.5	mV	303	uS	323	ppm
	305	ppm	28.2	C	27.4	C				
2	6/5/2016	23:00:106.4		Nul	31.6	mV	302	uS	321	ppm
	305	ppm	28.2	C	27.4	C				
3	6/5/2016	23:01:106.4		Nul	31.7	mV	298	uS	320	ppm
	305	ppm	28.2	C	27.4	C				
4	6/5/2016	23:02:106.4		Nul	31.7	mV	295	uS	320	ppm
	305	ppm	28.2	C	27.4	C				
5	6/5/2016	23:03:106.4		Nul	31.8	mV	285	uS	320	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.5	C				
6	6/5/2016	23:04:106.4		Nul	31.8	mV	284	uS	320	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.5	C				
7	6/5/2016	23:05:106.4		Nul	31.9	mV	283	uS	320	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.6	C				
8	6/5/2016	23:06:106.4		Nul	32	mV	277	uS	320	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.6	C				
9	6/5/2016	23:07:106.4		Nul	32	mV	277	uS	320	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.6	C				
10	6/5/2016	23:08:106.39		Nul	32.1	mV	275	uS	319	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.6	C				
11	6/5/2016	23:09:106.39		Nul	32.2	mV	275	uS	319	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.6	C				
12	6/5/2016	23:10:106.39		Nul	32.3	mV	272	uS	319	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.7	C				
13	6/5/2016	23:11:106.39		Nul	32.3	mV	268	uS	318	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.7	C				
14	6/5/2016	23:12:106.39		Nul	32.4	mV	264	uS	316	ppm
	306	ppm	28.2	C	27.7	C				
15	6/5/2016	23:13:106.39		Nul	32.4	mV	264	uS	315	ppm
	306	ppm	28.1	C	27.7	C				
16	6/5/2016	23:14:106.39		Nul	32.5	mV	264	uS	314	ppm
	306	ppm	28.1	C	27.8	C				
17	6/5/2016	23:15:106.39		Nul	32.5	mV	262	uS	312	ppm
	306	ppm	28.1	C	27.9	C				
18	6/5/2016	23:16:106.39		Nul	32.6	mV	262	uS	311	ppm
	306	ppm	28.1	C	27.9	C				

19	6/5/2016	23:17:09	6.39 306 ppm 28.1	Nul C	32.7 27.9	mV C	262	uS	311	ppm
20	6/5/2016	23:18:09	6.38 306 ppm 28.1	Nul C	32.8 27.9	mV C	258	uS	310	ppm
21	6/5/2016	23:19:09	6.38 306 ppm 28.1	Nul C	32.8 27.9	mV C	258	uS	309	ppm
22	6/5/2016	23:20:09	6.38 306 ppm 28.1	Nul C	33 27.9	mV C	254	uS	309	ppm
23	6/5/2016	23:21:09	6.38 307 ppm 28.1	Nul C	33 28	mV C	254	uS	308	ppm
24	6/5/2016	23:22:09	6.38 307 ppm 28.1	Nul C	33.1 28	mV C	251	uS	308	ppm
25	6/5/2016	23:23:09	6.38 307 ppm 28.1	Nul C	33.1 28	mV C	251	uS	307	ppm
26	6/5/2016	23:24:09	6.38 307 ppm 28.1	Nul C	33.1 28	mV C	247	uS	307	ppm
27	6/5/2016	23:25:09	6.38 307 ppm 28	Nul C	33.2 28.1	mV C	247	uS	307	ppm
28	6/5/2016	23:26:09	6.38 307 ppm 28	Nul C	33.3 28.1	mV C	245	uS	307	ppm
29	6/5/2016	23:27:09	6.37 307 ppm 28	Nul C	33.3 28.1	mV C	244	uS	307	ppm
30	6/5/2016	23:28:09	6.37 308 ppm 28	Nul C	33.4 28.1	mV C	241	uS	307	ppm
31	6/5/2016	23:29:09	6.37 308 ppm 28	Nul C	33.5 28.1	mV C	240	uS	307	ppm
32	6/5/2016	23:30:09	6.37 308 ppm 28	Nul C	33.7 28.1	mV C	238	uS	307	ppm
33	6/5/2016	23:31:09	6.37 308 ppm 28	Nul C	33.8 28.1	mV C	236	uS	307	ppm
34	6/5/2016	23:32:09	6.36 308 ppm 28	Nul C	34 28.1	mV C	236	uS	307	ppm
35	6/5/2016	23:33:09	6.36 308 ppm 28	Nul C	34.1 28.1	mV C	234	uS	307	ppm
36	6/5/2016	23:34:09	6.36 308 ppm 28	Nul C	34.2 28.2	mV C	234	uS	307	ppm
37	6/5/2016	23:35:09	6.36 308 ppm 28	Nul C	34.3 28.2	mV C	233	uS	307	ppm

38	6/5/201623:36:096.36 308 ppm 28	Nul C	34.3 28.2	mV C	233	uS	307	ppm
39	6/5/201623:37:096.36 308 ppm 27.9	Nul C	34.3 28.2	mV C	233	uS	307	ppm
40	6/5/201623:38:096.36 308 ppm 27.9	Nul C	34.3 28.2	mV C	232	uS	307	ppm
41	6/5/201623:39:096.36 308 ppm 27.9	Nul C	34.3 28.2	mV C	230	uS	307	ppm
42	6/5/201623:40:096.36 308 ppm 27.9	Nul C	34.5 28.2	mV C	230	uS	307	ppm
43	6/5/201623:41:096.35 308 ppm 27.9	Nul C	34.6 28.2	mV C	230	uS	307	ppm
44	6/5/201623:42:096.35 308 ppm 27.9	Nul C	34.7 28.2	mV C	227	uS	307	ppm
45	6/5/201623:43:096.35 308 ppm 27.9	Nul C	34.8 28.2	mV C	226	uS	307	ppm
46	6/5/201623:44:096.35 308 ppm 27.8	Nul C	34.8 28.3	mV C	227	uS	307	ppm
47	6/5/201623:45:096.35 308 ppm 27.8	Nul C	34.8 28.3	mV C	226	uS	306	ppm
48	6/5/201623:46:096.35 308 ppm 27.8	Nul C	34.8 28.3	mV C	226	uS	306	ppm
49	6/5/201623:47:096.35 308 ppm 27.8	Nul C	34.8 28.3	mV C	225	uS	306	ppm
50	6/5/201623:48:096.35 309 ppm 27.8	Nul C	34.9 28.3	mV C	225	uS	306	ppm
51	6/5/201623:49:096.35 309 ppm 27.8	Nul C	34.9 28.3	mV C	224	uS	306	ppm
52	6/5/201623:50:096.35 309 ppm 27.7	Nul C	34.9 28.3	mV C	223	uS	306	ppm
53	6/5/201623:51:096.35 309 ppm 27.7	Nul C	35 28.3	mV C	222	uS	306	ppm
54	6/5/201623:52:096.35 309 ppm 27.7	Nul C	35.1 28.3	mV C	222	uS	306	ppm
55	6/5/201623:53:096.34 309 ppm 27.7	Nul C	35.2 28.3	mV C	221	uS	306	ppm
56	6/5/201623:54:096.34 309 ppm 27.7	Nul C	35.3 28.3	mV C	221	uS	306	ppm

57	6/5/2016	23:55:09	6.34 309 ppm 27.7	Nul C	35.4 28.3	mV C	221	uS	306	ppm
58	6/5/2016	23:56:09	6.34 310 ppm 27.6	Nul C	35.5 28.3	mV C	219	uS	305	ppm
59	6/5/2016	23:57:09	6.34 311 ppm 27.6	Nul C	35.4 28.3	mV C	219	uS	305	ppm
60	6/5/2016	23:58:09	6.34 311 ppm 27.6	Nul C	35.4 28.3	mV C	220	uS	305	ppm
61	6/5/2016	23:59:09	6.34 312 ppm 27.6	Nul C	35.4 28.3	mV C	224	uS	305	ppm
62	6/6/2016	00:00:09	6.34 313 ppm 27.5	Nul C	35.4 28.3	mV C	224	uS	305	ppm
63	6/6/2016	00:01:09	6.34 314 ppm 27.5	Nul C	35.4 28.3	mV C	223	uS	305	ppm
64	6/6/2016	00:02:09	6.34 316 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	223	uS	305	ppm
65	6/6/2016	00:03:09	6.34 317 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	224	uS	305	ppm
66	6/6/2016	00:04:09	6.34 318 ppm 28.2	Nul C	35.4 28.3	mV C	224	uS	305	ppm
67	6/6/2016	00:05:09	6.34 319 ppm 28.3	Nul C	35.3 28.3	mV C	225	uS	305	ppm
68	6/6/2016	00:06:09	6.34 320 ppm 28.3	Nul C	35.3 28.3	mV C	225	uS	305	ppm
69	6/6/2016	00:07:09	6.34 321 ppm 28.3	Nul C	35.3 28.3	mV C	224	uS	305	ppm
70	6/6/2016	00:08:09	6.34 321 ppm 28.3	Nul C	35.2 28.3	mV C	224	uS	305	ppm
71	6/6/2016	00:09:09	6.34 321 ppm 28.3	Nul C	35.2 28.3	mV C	225	uS	304	ppm
72	6/6/2016	00:10:09	6.34 321 ppm 28.3	Nul C	35.2 28.3	mV C	230	uS	304	ppm
73	6/6/2016	00:11:09	6.34 321 ppm 28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	235	uS	304	ppm
74	6/6/2016	00:12:09	6.34 322 ppm 28.4	Nul C	35.3 28.3	mV C	238	uS	304	ppm
75	6/6/2016	00:13:09	6.34 322 ppm 28.4	Nul C	35.3 28.3	mV C	247	uS	304	ppm

76	6/6/20160:14:09 322	6.34 ppm	28.4	Nul C	35.3 28.3	mV C	259	uS	304	ppm
77	6/6/20160:15:09 322	6.34 ppm	28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	265	uS	304	ppm
78	6/6/20160:16:09 322	6.34 ppm	28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	271	uS	304	ppm
79	6/6/20160:17:09 324	6.34 ppm	28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	271	uS	304	ppm
80	6/6/20160:18:10 309	6.34 ppm	28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	275	uS	304	ppm
81	6/6/20160:19:10 309	6.34 ppm	28.4	Nul C	35.2 28.3	mV C	276	uS	304	ppm
82	6/6/20160:20:10 309	6.34 ppm	28.4	Nul C	35.3 28.3	mV C	276	uS	304	ppm
83	6/6/20160:21:10 309	6.34 ppm	28.5	Nul C	35.3 28.3	mV C	276	uS	307	ppm
84	6/6/20160:22:09 309	6.34 ppm	28.5	Nul C	35.3 28.3	mV C	279	uS	307	ppm
85	6/6/20160:23:09 309	6.34 ppm	28.6	Nul C	35.2 28.3	mV C	279	uS	307	ppm
86	6/6/20160:24:09 309	6.35 ppm	28.6	Nul C	35 28.3	mV C	279	uS	307	ppm
87	6/6/20160:25:09 309	6.35 ppm	28.6	Nul C	35 28.3	mV C	284	uS	308	ppm
88	6/6/20160:26:09 309	6.35 ppm	28.7	Nul C	34.9 28.3	mV C	284	uS	308	ppm
89	6/6/20160:27:09 309	6.35 ppm	28.7	Nul C	34.8 28.4	mV C	286	uS	308	ppm
90	6/6/20160:28:09 309	6.35 ppm	28.7	Nul C	34.8 28.4	mV C	286	uS	308	ppm
91	6/6/20160:29:09 309	6.35 ppm	28.7	Nul C	34.8 28.3	mV C	286	uS	308	ppm
92	6/6/20160:30:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	34.8 28.3	mV C	286	uS	308	ppm
93	6/6/20160:31:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	34.8 28.4	mV C	289	uS	308	ppm
94	6/6/20160:32:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	34.8 28.4	mV C	289	uS	308	ppm

95	6/6/20160:33:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	34.8 28.4	mV C	289	uS	308	ppm
96	6/6/20160:34:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	34.8 28.4	mV C	288	uS	307	ppm
97	6/6/20160:35:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	34.8 28.4	mV C	288	uS	307	ppm
98	6/6/20160:36:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	34.9 28.4	mV C	295	uS	307	ppm
99	6/6/20160:37:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	34.9 28.4	mV C	295	uS	307	ppm
100	6/6/20160:38:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	34.9 28.4	mV C	296	uS	307	ppm
101	6/6/20160:39:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	35 28.4	mV C	302	uS	308	ppm
102	6/6/20160:40:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	35 28.4	mV C	302	uS	307	ppm
103	6/6/20160:41:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	35 28.4	mV C	302	uS	307	ppm
104	6/6/20160:42:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	35 28.4	mV C	302	uS	307	ppm
105	6/6/20160:43:09 309	6.35 ppm	28.8	Nul C	35 28.4	mV C	307	uS	307	ppm
106	6/6/20160:44:10 309	6.35 ppm	28.9	Nul C	35 28.4	mV C	307	uS	307	ppm
107	6/6/20160:45:10 309	6.35 ppm	28.9	Nul C	35 28.4	mV C	306	uS	307	ppm
108	6/6/20160:46:09 309	6.35 ppm	28.9	Nul C	35 28.4	mV C	306	uS	308	ppm
109	6/6/20160:47:09 309	6.35 ppm	28.9	Nul C	34.9 28.4	mV C	310	uS	307	ppm
110	6/6/20160:48:09 309	6.35 ppm	28.9	Nul C	34.9 28.4	mV C	310	uS	307	ppm
111	6/6/20160:49:09 309	6.35 ppm	28.9	Nul C	34.9 28.4	mV C	309	uS	307	ppm
112	6/6/20160:50:09 309	6.35 ppm	28.9	Nul C	34.9 28.4	mV C	309	uS	307	ppm
113	6/6/20160:51:09 309	6.35 ppm	29	Nul C	34.9 28.5	mV C	312	uS	307	ppm

114	6/6/20160:52:09 309 ppm	6.35 29	Nul C	35 28.5	mV C	312	uS	307	ppm
115	6/6/20160:53:09 309 ppm	6.35 29	Nul C	35 28.5	mV C	314	uS	307	ppm
116	6/6/20160:54:09 309 ppm	6.35 29	Nul C	35 28.6	mV C	313	uS	307	ppm
117	6/6/20160:55:09 309 ppm	6.35 29	Nul C	35.1 28.6	mV C	315	uS	307	ppm
118	6/6/20160:56:09 309 ppm	6.35 29	Nul C	35.1 28.6	mV C	317	uS	307	ppm
119	6/6/20160:57:09 309 ppm	6.35 29	Nul C	35.2 28.6	mV C	321	uS	307	ppm
120	6/6/20160:58:09 309 ppm	6.35 29	Nul C	35.2 28.6	mV C	321	uS	307	ppm
121	6/6/20160:59:09 309 ppm	6.34 29	Nul C	35.2 28.6	mV C	323	uS	307	ppm
122	6/6/20161:00:09 309 ppm	6.34 29	Nul C	35.2 28.5	mV C	323	uS	307	ppm
123	6/6/20161:01:09 309 ppm	6.34 29	Nul C	35.2 28.6	mV C	325	uS	307	ppm
124	6/6/20161:02:09 309 ppm	6.34 29	Nul C	35.2 28.6	mV C	325	uS	307	ppm

### Lampiran 17. Data Desalinasi ACM 9M Berbinder PVA

Index	---date---		--time--	pH	unit	mV	unit	Cond	unit	TDS
	unit	Salt	unit	TPH	unit	Tcon	unit			
1	6/6/2016	1:32:17	6.35	Nul	35.2	mV	301	uS	322	ppm
	323	ppm	29.3	C	29.9	C				
2	6/6/2016	1:33:17	6.34	Nul	35.2	mV	298	uS	319	ppm
	321	ppm	29.1	C	29.9	C				
3	6/6/2016	1:34:17	6.35	Nul	35.1	mV	292	uS	320	ppm
	322	ppm	29.3	C	29.9	C				
4	6/6/2016	1:35:17	6.35	Nul	35	mV	290	uS	318	ppm
	319	ppm	29.2	C	30	C				
5	6/6/2016	1:36:17	6.35	Nul	34.9	mV	285	uS	319	ppm
	320	ppm	29.3	C	30	C				
6	6/6/2016	1:37:17	6.35	Nul	34.8	mV	286	uS	319	ppm
	320	ppm	29.3	C	30	C				
7	6/6/2016	1:38:17	6.35	Nul	34.7	mV	277	uS	319	ppm
	321	ppm	29.4	C	30.1	C				
8	6/6/2016	1:39:17	6.35	Nul	34.8	mV	275	uS	318	ppm
	320	ppm	29.3	C	30.1	C				
9	6/6/2016	1:40:17	6.35	Nul	34.8	mV	272	uS	319	ppm
	321	ppm	29.4	C	30.1	C				
10	6/6/2016	1:41:17	6.35	Nul	34.8	mV	272	uS	318	ppm
	320	ppm	29.3	C	30.1	C				
11	6/6/2016	1:42:17	6.35	Nul	34.7	mV	269	uS	318	ppm
	319	ppm	29.3	C	30.2	C				
12	6/6/2016	1:43:17	6.35	Nul	34.7	mV	265	uS	320	ppm
	321	ppm	29.4	C	30.2	C				
13	6/6/2016	1:44:17	6.35	Nul	34.7	mV	262	uS	318	ppm
	320	ppm	29.4	C	30.1	C				
14	6/6/2016	1:45:17	6.35	Nul	34.8	mV	260	uS	318	ppm
	320	ppm	29.4	C	30.3	C				
15	6/6/2016	1:46:17	6.35	Nul	34.9	mV	257	uS	320	ppm
	321	ppm	29.6	C	30.3	C				
16	6/6/2016	1:47:17	6.35	Nul	34.9	mV	256	uS	318	ppm
	320	ppm	29.5	C	30.2	C				
17	6/6/2016	1:48:17	6.35	Nul	34.9	mV	254	uS	318	ppm
	320	ppm	29.4	C	30.3	C				
18	6/6/2016	1:49:17	6.35	Nul	35	mV	254	uS	318	ppm
	320	ppm	29.5	C	30.2	C				



19	6/6/20161:50:17 320 ppm	6.35 29.4	Nul C	35 30.3	mV C	254	uS	319	ppm
20	6/6/20161:51:17 317 ppm	6.35 29.4	Nul C	35 30.3	mV C	250	uS	316	ppm
21	6/6/20161:52:17 318 ppm	6.35 29.4	Nul C	35 30.3	mV C	248	uS	317	ppm
22	6/6/20161:53:17 316 ppm	6.35 29.4	Nul C	35.2 30.3	mV C	246	uS	314	ppm
23	6/6/20161:54:17 317 ppm	6.35 29.4	Nul C	35.2 30.3	mV C	243	uS	315	ppm
24	6/6/20161:55:17 318 ppm	6.35 29.4	Nul C	35.2 30.3	mV C	241	uS	317	ppm
25	6/6/20161:56:17 318 ppm	6.35 29.4	Nul C	35.2 30.3	mV C	240	uS	317	ppm
26	6/6/20161:57:17 317 ppm	6.35 29.4	Nul C	35.2 30.3	mV C	240	uS	316	ppm
27	6/6/20161:58:17 317 ppm	6.35 29.4	Nul C	35.2 30.4	mV C	238	uS	316	ppm
28	6/6/20161:59:17 317 ppm	6.35 29.4	Nul C	35.1 30.3	mV C	233	uS	316	ppm
29	6/6/20162:00:17 318 ppm	6.35 29.5	Nul C	35.1 30.4	mV C	230	uS	317	ppm
30	6/6/20162:01:17 320 ppm	6.35 29.7	Nul C	35.1 30.4	mV C	230	uS	319	ppm
31	6/6/20162:02:17 318 ppm	6.35 29.6	Nul C	35.2 30.4	mV C	227	uS	317	ppm
32	6/6/20162:03:17 319 ppm	6.34 29.6	Nul C	35.3 30.4	mV C	226	uS	318	ppm
33	6/6/20162:04:17 320 ppm	6.35 29.8	Nul C	35.2 30.4	mV C	226	uS	319	ppm
34	6/6/20162:05:17 318 ppm	6.35 30	Nul C	35.2 30.6	mV C	225	uS	316	ppm
35	6/6/20162:06:17 319 ppm	6.34 29.7	Nul C	35.4 30.5	mV C	225	uS	318	ppm
36	6/6/20162:07:17 320 ppm	6.34 29.7	Nul C	35.4 30.5	mV C	222	uS	319	ppm
37	6/6/20162:08:17 318 ppm	6.34 29.5	Nul C	35.4 30.5	mV C	222	uS	316	ppm

38	6/6/2016	2:09:17	6.34	Nul	35.4	mV	222	uS	318	ppm
	319	ppm	29.7	C	30.5	C				
39	6/6/2016	2:10:17	6.34	Nul	35.5	mV	221	uS	318	ppm
	320	ppm	29.6	C	30.6	C				
40	6/6/2016	2:11:17	6.34	Nul	35.5	mV	221	uS	316	ppm
	318	ppm	29.6	C	30.6	C				
41	6/6/2016	2:12:17	6.34	Nul	35.6	mV	219	uS	319	ppm
	321	ppm	29.6	C	30.6	C				
42	6/6/2016	2:13:17	6.34	Nul	35.6	mV	219	uS	323	ppm
	324	ppm	29.6	C	30.4	C				
43	6/6/2016	2:14:17	6.34	Nul	35.7	mV	216	uS	324	ppm
	325	ppm	29.5	C	30.2	C				
44	6/6/2016	2:15:17	6.33	Nul	35.8	mV	216	uS	325	ppm
	326	ppm	29.5	C	30.1	C				
45	6/6/2016	2:16:17	6.33	Nul	35.9	mV	215	uS	327	ppm
	328	ppm	29.5	C	30	C				
46	6/6/2016	2:17:17	6.33	Nul	35.9	mV	215	uS	326	ppm
	328	ppm	29.4	C	29.8	C				
47	6/6/2016	2:18:17	6.33	Nul	35.9	mV	214	uS	324	ppm
	325	ppm	29.4	C	29.8	C				
48	6/6/2016	2:19:17	6.33	Nul	36	mV	210	uS	323	ppm
	325	ppm	29.4	C	29.8	C				
49	6/6/2016	2:20:17	6.33	Nul	36	mV	212	uS	327	ppm
	328	ppm	29.4	C	29.8	C				
50	6/6/2016	2:21:17	6.33	Nul	35.9	mV	213	uS	325	ppm
	326	ppm	29.4	C	29.8	C				
51	6/6/2016	2:22:17	6.33	Nul	35.9	mV	211	uS	325	ppm
	327	ppm	29.5	C	29.8	C				
52	6/6/2016	2:23:17	6.33	Nul	35.9	mV	210	uS	328	ppm
	329	ppm	29.6	C	29.8	C				
53	6/6/2016	2:24:17	6.33	Nul	35.9	mV	210	uS	328	ppm
	329	ppm	29.4	C	29.7	C				
54	6/6/2016	2:25:17	6.33	Nul	35.9	mV	208	uS	326	ppm
	328	ppm	29.4	C	29.7	C				
55	6/6/2016	2:26:17	6.33	Nul	35.9	mV	207	uS	327	ppm
	329	ppm	29.5	C	29.7	C				
56	6/6/2016	2:27:17	6.33	Nul	35.9	mV	207	uS	326	ppm
	327	ppm	29.4	C	29.7	C				

57	6/6/20162:28:17 329	6.33 ppm	29.5	Nul C	35.9 29.7	mV C	207	uS	327	ppm
58	6/6/20162:29:17 329	6.33 ppm	29.4	Nul C	35.9 29.7	mV C	206	uS	327	ppm
59	6/6/20162:30:17 329	6.33 ppm	29.4	Nul C	35.9 29.7	mV C	206	uS	327	ppm
60	6/6/20162:31:17 329	6.33 ppm	29.4	Nul C	35.9 29.6	mV C	206	uS	328	ppm
61	6/6/20162:32:17 329	6.33 ppm	29.4	Nul C	35.9 29.7	mV C	208	uS	328	ppm
62	6/6/20162:33:17 329	6.33 ppm	29.4	Nul C	35.9 29.6	mV C	211	uS	328	ppm
63	6/6/20162:34:17 330	6.33 ppm	29.5	Nul C	35.8 29.6	mV C	212	uS	328	ppm
64	6/6/20162:35:17 330	6.34 ppm	29.4	Nul C	35.8 29.6	mV C	213	uS	329	ppm
65	6/6/20162:36:17 331	6.34 ppm	29.4	Nul C	35.7 29.5	mV C	213	uS	329	ppm
66	6/6/20162:37:17 331	6.34 ppm	29.5	Nul C	35.6 29.6	mV C	214	uS	329	ppm
67	6/6/20162:38:17 329	6.34 ppm	29.4	Nul C	35.6 29.6	mV C	212	uS	328	ppm
68	6/6/20162:39:17 330	6.34 ppm	29.6	Nul C	35.5 29.6	mV C	216	uS	329	ppm
69	6/6/20162:40:17 331	6.34 ppm	29.6	Nul C	35.5 29.5	mV C	220	uS	330	ppm
70	6/6/20162:41:17 331	6.34 ppm	29.6	Nul C	35.4 29.5	mV C	224	uS	329	ppm
71	6/6/20162:42:17 330	6.34 ppm	29.6	Nul C	35.4 29.4	mV C	229	uS	329	ppm
72	6/6/20162:43:17 332	6.34 ppm	29.6	Nul C	35.4 29.4	mV C	234	uS	331	ppm
73	6/6/20162:44:17 330	6.34 ppm	29.4	Nul C	35.5 29.4	mV C	237	uS	328	ppm
74	6/6/20162:45:17 331	6.34 ppm	29.6	Nul C	35.5 29.4	mV C	240	uS	330	ppm
75	6/6/20162:46:17 332	6.34 ppm	29.6	Nul C	35.6 29.4	mV C	259	uS	330	ppm

76	6/6/20162:47:17 331	6.34 ppm	29.5	Nul C	35.6 29.4	mV C	264	uS	330	ppm
77	6/6/20162:48:17 332	6.34 ppm	29.4	Nul C	35.7 29.4	mV C	267	uS	330	ppm
78	6/6/20162:49:17 334	6.34 ppm	29.6	Nul C	35.7 29.4	mV C	273	uS	332	ppm
79	6/6/20162:50:17 330	6.34 ppm	29.4	Nul C	35.8 29.4	mV C	274	uS	328	ppm
80	6/6/20162:51:17 332	6.34 ppm	29.5	Nul C	35.8 29.4	mV C	278	uS	330	ppm
81	6/6/20162:52:17 330	6.34 ppm	29.4	Nul C	35.8 29.4	mV C	278	uS	329	ppm
82	6/6/20162:53:17 332	6.33 ppm	29.4	Nul C	35.8 29.3	mV C	279	uS	330	ppm
83	6/6/20162:54:17 332	6.33 ppm	29.4	Nul C	35.9 29.4	mV C	280	uS	331	ppm
84	6/6/20162:55:17 332	6.33 ppm	29.4	Nul C	35.9 29.3	mV C	282	uS	330	ppm
85	6/6/20162:56:17 331	6.33 ppm	29.3	Nul C	36 29.3	mV C	283	uS	329	ppm
86	6/6/20162:57:17 331	6.33 ppm	29.3	Nul C	36 29.3	mV C	284	uS	329	ppm
87	6/6/20162:58:17 331	6.33 ppm	29.3	Nul C	36 29.3	mV C	284	uS	329	ppm
88	6/6/20162:59:17 333	6.33 ppm	29.4	Nul C	36 29.3	mV C	287	uS	332	ppm
89	6/6/20163:00:17 334	6.33 ppm	29.4	Nul C	36.1 29.3	mV C	287	uS	333	ppm
90	6/6/20163:01:17 333	6.33 ppm	29.4	Nul C	36.1 29.3	mV C	288	uS	332	ppm
91	6/6/20163:02:17 335	6.33 ppm	29.4	Nul C	36.2 29.2	mV C	288	uS	333	ppm
92	6/6/20163:03:17 330	6.33 ppm	29.2	Nul C	36.2 29.2	mV C	291	uS	329	ppm
93	6/6/20163:04:17 334	6.33 ppm	29.4	Nul C	36.2 29.2	mV C	291	uS	333	ppm
94	6/6/20163:05:17 333	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.3 29.2	mV C	291	uS	331	ppm

95	6/6/20163:06:17 333	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.3 29.1	mV C	293	uS	332	ppm
96	6/6/20163:07:17 329	6.33 ppm	29.2	Nul C	36.3 29.1	mV C	295	uS	328	ppm
97	6/6/20163:08:17 334	6.33 ppm	29.2	Nul C	36.4 29.2	mV C	299	uS	332	ppm
98	6/6/20163:09:17 335	6.33 ppm	29.4	Nul C	36.4 29.2	mV C	298	uS	334	ppm
99	6/6/20163:10:17 334	6.32 ppm	29.3	Nul C	36.4 29.1	mV C	298	uS	333	ppm
100	6/6/20163:11:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.4 29.1	mV C	298	uS	332	ppm
101	6/6/20163:12:17 336	6.33 ppm	29.4	Nul C	36.4 29.1	mV C	301	uS	334	ppm
102	6/6/20163:13:17 334	6.32 ppm	29.2	Nul C	36.4 29.1	mV C	303	uS	333	ppm
103	6/6/20163:14:17 334	6.32 ppm	29.3	Nul C	36.4 29.1	mV C	302	uS	333	ppm
104	6/6/20163:15:17 330	6.32 ppm	29.1	Nul C	36.4 29.1	mV C	303	uS	328	ppm
105	6/6/20163:16:17 333	6.32 ppm	29.2	Nul C	36.5 29.1	mV C	302	uS	331	ppm
106	6/6/20163:17:17 335	6.32 ppm	29.2	Nul C	36.6 29.2	mV C	304	uS	334	ppm
107	6/6/20163:18:17 335	6.32 ppm	29.1	Nul C	36.7 29.2	mV C	304	uS	333	ppm
108	6/6/20163:19:17 337	6.32 ppm	29.3	Nul C	36.7 29.2	mV C	306	uS	335	ppm
109	6/6/20163:20:17 335	6.32 ppm	29.2	Nul C	36.7 29.1	mV C	307	uS	333	ppm
110	6/6/20163:21:17 335	6.32 ppm	29.2	Nul C	36.7 29.2	mV C	308	uS	333	ppm
111	6/6/20163:22:17 333	6.32 ppm	29.1	Nul C	36.7 29.2	mV C	308	uS	332	ppm
112	6/6/20163:23:17 334	6.32 ppm	29.2	Nul C	36.5 29.1	mV C	308	uS	332	ppm
113	6/6/20163:24:17 334	6.32 ppm	29.3	Nul C	36.4 29.1	mV C	307	uS	332	ppm

114	6/6/20163:25:17 334	6.32 ppm	29.2	Nul C	36.4 29.1	mV C	309	uS	333	ppm
115	6/6/20163:26:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.3 29.1	mV C	309	uS	332	ppm
116	6/6/20163:27:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.3 29.1	mV C	309	uS	333	ppm
117	6/6/20163:28:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.2 29.1	mV C	310	uS	332	ppm
118	6/6/20163:29:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.2 29.1	mV C	310	uS	333	ppm
119	6/6/20163:30:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.2 29.1	mV C	310	uS	333	ppm
120	6/6/20163:31:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.1 29	mV C	316	uS	333	ppm
121	6/6/20163:32:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.1 29.1	mV C	316	uS	333	ppm
122	6/6/20163:33:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.2 29.1	mV C	316	uS	332	ppm
123	6/6/20163:34:17 334	6.33 ppm	29.3	Nul C	36.2 29.1	mV C	317	uS	332	ppm
124	6/6/20163:35:17 333	6.33 ppm	29.9	Nul C	36.3 29.1	mV C	317	uS	332	ppm
125	6/6/20163:36:18 333	6.33 ppm	29.2	Nul C	36.3 29.1	mV C	318	uS	332	ppm

### Lampiran 18. Data Desalinasi ACM 10M Berbinder PVA

Index	---date---		--time--	pH	unit	mV	unit	Cond	unit	TDS
	unit	Salt	unit	TPH	unit	Tcon	unit			
1	6/6/2016	341	6.33 29.3	Nul C	36 29.6	mV C	302	uS	339	ppm
2	6/6/2016	340	6.33 29.3	Nul C	36 29.6	mV C	299	uS	338	ppm
3	6/6/2016	338	6.33 29.3	Nul C	36 29.6	mV C	292	uS	336	ppm
4	6/6/2016	335	6.33 29.3	Nul C	36 29.6	mV C	289	uS	334	ppm
5	6/6/2016	333	6.33 29.3	Nul C	36.1 29.6	mV C	286	uS	331	ppm
6	6/6/2016	331	6.33 29.2	Nul C	36.2 29.7	mV C	282	uS	330	ppm
7	6/6/2016	329	6.33 29.2	Nul C	36.2 29.7	mV C	275	uS	328	ppm
8	6/6/2016	328	6.33 29.2	Nul C	36.3 29.6	mV C	272	uS	326	ppm
9	6/6/2016	327	6.33 29.2	Nul C	36.3 29.6	mV C	266	uS	325	ppm
10	6/6/2016	326	6.33 29.2	Nul C	36.3 29.6	mV C	261	uS	324	ppm
11	6/6/2016	325	6.33 29.2	Nul C	36.3 29.6	mV C	258	uS	323	ppm
12	6/6/2016	324	6.33 29.2	Nul C	36.3 29.6	mV C	256	uS	323	ppm
13	6/6/2016	323	6.33 29.2	Nul C	36.3 29.6	mV C	254	uS	322	ppm
14	6/6/2016	323	6.32 29.2	Nul C	36.4 29.6	mV C	252	uS	322	ppm
15	6/6/2016	323	6.32 29.2	Nul C	36.5 29.6	mV C	250	uS	321	ppm
16	6/6/2016	322	6.32 29.2	Nul C	36.5 29.6	mV C	248	uS	321	ppm
17	6/6/2016	322	6.32 29.2	Nul C	36.4 29.6	mV C	246	uS	320	ppm
18	6/6/2016	322	6.32 29.2	Nul C	36.4 29.6	mV C	244	uS	320	ppm

19	6/6/20164:03:48	6.33	Nul	36.3	mV	242	uS	320	ppm
	321 ppm	29.2	C	29.6	C				
20	6/6/20164:04:48	6.32	Nul	36.4	mV	241	uS	320	ppm
	321 ppm	29.2	C	29.6	C				
21	6/6/20164:05:48	6.33	Nul	36.3	mV	239	uS	320	ppm
	321 ppm	29.2	C	29.6	C				
22	6/6/20164:06:48	6.33	Nul	36.3	mV	237	uS	320	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.6	C				
23	6/6/20164:07:48	6.33	Nul	36.3	mV	233	uS	321	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.6	C				
24	6/6/20164:08:48	6.33	Nul	36.3	mV	230	uS	321	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.6	C				
25	6/6/20164:09:48	6.32	Nul	36.4	mV	229	uS	321	ppm
	322 ppm	29.1	C	29.6	C				
26	6/6/20164:10:48	6.33	Nul	36.3	mV	228	uS	321	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.6	C				
27	6/6/20164:11:48	6.33	Nul	36.2	mV	226	uS	321	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.6	C				
28	6/6/20164:12:48	6.33	Nul	36.2	mV	224	uS	321	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.6	C				
29	6/6/20164:13:48	6.33	Nul	36.1	mV	222	uS	321	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.5	C				
30	6/6/20164:14:48	6.33	Nul	36	mV	220	uS	321	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.5	C				
31	6/6/20164:15:48	6.33	Nul	35.9	mV	219	uS	321	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.5	C				
32	6/6/20164:16:48	6.34	Nul	35.8	mV	219	uS	321	ppm
	322 ppm	29.3	C	29.4	C				
33	6/6/20164:17:48	6.34	Nul	35.7	mV	218	uS	320	ppm
	322 ppm	29.3	C	29.5	C				
34	6/6/20164:18:48	6.34	Nul	35.7	mV	217	uS	321	ppm
	322 ppm	29.3	C	29.4	C				
35	6/6/20164:19:48	6.34	Nul	35.7	mV	217	uS	321	ppm
	322 ppm	29.3	C	29.5	C				
36	6/6/20164:20:48	6.34	Nul	35.8	mV	215	uS	321	ppm
	322 ppm	29.3	C	29.4	C				
37	6/6/20164:21:48	6.33	Nul	35.9	mV	213	uS	321	ppm
	322 ppm	29.2	C	29.4	C				



38	6/6/20164:22:48	6.33	Nul	35.9	mV	213	uS	321	ppm
	322	ppm	C	29.4	C				
39	6/6/20164:23:48	6.33	Nul	35.9	mV	212	uS	321	ppm
	322	ppm	C	29.4	C				
40	6/6/20164:24:48	6.33	Nul	36	mV	211	uS	321	ppm
	322	ppm	C	29.4	C				
41	6/6/20164:25:48	6.33	Nul	36	mV	210	uS	321	ppm
	322	ppm	C	29.4	C				
42	6/6/20164:26:48	6.34	Nul	35.8	mV	209	uS	321	ppm
	322	ppm	C	29.3	C				
43	6/6/20164:27:48	6.34	Nul	35.7	mV	208	uS	321	ppm
	322	ppm	C	29.3	C				
44	6/6/20164:28:48	6.34	Nul	35.6	mV	206	uS	321	ppm
	322	ppm	C	29.3	C				
45	6/6/20164:29:48	6.34	Nul	35.5	mV	206	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
46	6/6/20164:30:48	6.34	Nul	35.4	mV	205	uS	321	ppm
	322	ppm	C	29.4	C				
47	6/6/20164:31:48	6.34	Nul	35.4	mV	204	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
48	6/6/20164:32:48	6.34	Nul	35.5	mV	205	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
49	6/6/20164:33:48	6.34	Nul	35.5	mV	203	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
50	6/6/20164:34:48	6.34	Nul	35.5	mV	202	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
51	6/6/20164:35:48	6.34	Nul	35.3	mV	202	uS	322	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
52	6/6/20164:36:48	6.34	Nul	35.3	mV	200	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
53	6/6/20164:37:48	6.34	Nul	35.2	mV	199	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
54	6/6/20164:38:48	6.34	Nul	35.2	mV	196	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
55	6/6/20164:39:48	6.35	Nul	35.1	mV	197	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				
56	6/6/20164:40:48	6.35	Nul	35.2	mV	196	uS	321	ppm
	323	ppm	C	29.3	C				

57	6/6/20164:41:48	6.35	Nul	35.2	mV	195	uS	321	ppm
	323 ppm	29.4	C	29.3	C				
58	6/6/20164:42:48	6.35	Nul	35.1	mV	195	uS	321	ppm
	323 ppm	29.4	C	29.3	C				
59	6/6/20164:43:48	6.35	Nul	35.1	mV	194	uS	321	ppm
	323 ppm	29.4	C	29.3	C				
60	6/6/20164:44:48	6.35	Nul	35.2	mV	193	uS	320	ppm
	322 ppm	29.5	C	29.4	C				
61	6/6/20164:45:48	6.34	Nul	35.2	mV	199	uS	321	ppm
	323 ppm	28.9	C	29.2	C				
62	6/6/20164:46:48	6.34	Nul	35.2	mV	199	uS	323	ppm
	324 ppm	28.7	C	29.1	C				
63	6/6/20164:47:48	6.34	Nul	35.3	mV	206	uS	326	ppm
	328 ppm	28.8	C	28.6	C				
64	6/6/20164:48:48	6.34	Nul	35.3	mV	209	uS	322	ppm
	324 ppm	29.4	C	29.2	C				
65	6/6/20164:49:48	6.34	Nul	35.3	mV	218	uS	322	ppm
	324 ppm	29.4	C	29.2	C				
66	6/6/20164:50:45	6.34	Nul	35.3	mV	216	uS	322	ppm
	324 ppm	29.4	C	29.2	C				
67	6/6/20164:51:45	6.34	Nul	35.3	mV	219	uS	322	ppm
	324 ppm	29.4	C	29.2	C				
68	6/6/20164:52:45	6.34	Nul	35.3	mV	223	uS	323	ppm
	324 ppm	29.4	C	29.2	C				
69	6/6/20164:53:44	6.34	Nul	35.3	mV	229	uS	323	ppm
	324 ppm	29.3	C	29.2	C				
70	6/6/20164:54:44	6.34	Nul	35.3	mV	246	uS	323	ppm
	325 ppm	29.4	C	29.1	C				
71	6/6/20164:55:44	6.34	Nul	35.4	mV	251	uS	323	ppm
	324 ppm	29.2	C	29.2	C				
72	6/6/20164:56:44	6.34	Nul	35.6	mV	256	uS	324	ppm
	325 ppm	29.3	C	29.1	C				
73	6/6/20164:57:44	6.34	Nul	35.7	mV	263	uS	324	ppm
	325 ppm	29.2	C	29.1	C				
74	6/6/20164:58:44	6.34	Nul	35.7	mV	268	uS	323	ppm
	325 ppm	29.2	C	29.1	C				
75	6/6/20164:59:44	6.34	Nul	35.7	mV	271	uS	324	ppm
	325 ppm	29.2	C	29.1	C				

76	6/6/20165:00:44 326 ppm	6.33 29.3	Nul C	35.9 29.1	mV C	274	uS	325	ppm
77	6/6/20165:01:44 327 ppm	6.33 29.3	Nul C	36 29.1	mV C	276	uS	325	ppm
78	6/6/20165:02:44 324 ppm	6.33 29	Nul C	36.1 29.1	mV C	279	uS	323	ppm
79	6/6/20165:03:44 325 ppm	6.33 29.1	Nul C	36.1 29.1	mV C	281	uS	323	ppm
80	6/6/20165:04:44 326 ppm	6.33 29.7	Nul C	36.1 29	mV C	282	uS	324	ppm
81	6/6/20165:05:44 326 ppm	6.33 29.7	Nul C	36 29	mV C	282	uS	324	ppm
82	6/6/20165:06:44 324 ppm	6.33 29	Nul C	36 29	mV C	284	uS	322	ppm
83	6/6/20165:07:44 327 ppm	6.33 29.6	Nul C	35.9 29	mV C	285	uS	325	ppm
84	6/6/20165:08:44 328 ppm	6.33 29.3	Nul C	35.9 29.1	mV C	285	uS	327	ppm
85	6/6/20165:09:44 326 ppm	6.34 29.1	Nul C	35.8 29.1	mV C	287	uS	325	ppm
86	6/6/20165:10:44 326 ppm	6.34 29.2	Nul C	35.7 28.9	mV C	287	uS	325	ppm
87	6/6/20165:11:44 327 ppm	6.34 29.2	Nul C	35.7 28.9	mV C	287	uS	326	ppm
88	6/6/20165:12:44 327 ppm	6.34 29.3	Nul C	35.6 29	mV C	288	uS	326	ppm
89	6/6/20165:13:44 326 ppm	6.34 29.2	Nul C	35.6 29	mV C	289	uS	325	ppm
90	6/6/20165:14:44 323 ppm	6.34 29.1	Nul C	35.7 29	mV C	291	uS	322	ppm
91	6/6/20165:15:44 325 ppm	6.33 29.1	Nul C	35.8 29	mV C	291	uS	323	ppm
92	6/6/20165:16:44 327 ppm	6.33 29.3	Nul C	35.9 29	mV C	293	uS	325	ppm
93	6/6/20165:17:44 326 ppm	6.33 29.2	Nul C	35.9 29	mV C	292	uS	324	ppm
94	6/6/20165:18:45 326 ppm	6.33 29.1	Nul C	35.9 29	mV C	295	uS	324	ppm

95	6/6/20165:19:44	6.33	Nul	36	mV	297	uS	324	ppm
	326	ppm	C	29	C				
96	6/6/20165:20:44	6.33	Nul	35.9	mV	298	uS	326	ppm
	327	ppm	C	29.1	C				
97	6/6/20165:21:42	6.34	Nul	35.7	mV	300	uS	325	ppm
	326	ppm	C	29	C				
98	6/6/20165:22:42	6.34	Nul	35.5	mV	300	uS	324	ppm
	326	ppm	C	29.1	C				
99	6/6/20165:23:42	6.34	Nul	35.4	mV	299	uS	325	ppm
	327	ppm	C	29	C				
100	6/6/20165:24:42	6.34	Nul	35.3	mV	301	uS	325	ppm
	327	ppm	C	29.1	C				
101	6/6/20165:25:42	6.35	Nul	35.2	mV	301	uS	325	ppm
	327	ppm	C	29	C				
102	6/6/20165:26:42	6.35	Nul	35	mV	301	uS	325	ppm
	326	ppm	C	28.9	C				
103	6/6/20165:27:42	6.35	Nul	35.1	mV	302	uS	325	ppm
	327	ppm	C	29	C				
104	6/6/20165:28:42	6.35	Nul	35.1	mV	302	uS	325	ppm
	326	ppm	C	28.9	C				
105	6/6/20165:29:42	6.35	Nul	35.2	mV	302	uS	325	ppm
	326	ppm	C	29	C				
106	6/6/20165:30:42	6.35	Nul	35.2	mV	303	uS	325	ppm
	327	ppm	C	29	C				
107	6/6/20165:31:42	6.35	Nul	35.1	mV	305	uS	325	ppm
	327	ppm	C	29	C				
108	6/6/20165:32:42	6.35	Nul	35.1	mV	304	uS	325	ppm
	326	ppm	C	29	C				
109	6/6/20165:33:42	6.35	Nul	35.1	mV	304	uS	325	ppm
	327	ppm	C	29	C				
110	6/6/20165:34:42	6.35	Nul	35.2	mV	306	uS	325	ppm
	326	ppm	C	29	C				
111	6/6/20165:35:42	6.34	Nul	35.3	mV	307	uS	324	ppm
	326	ppm	C	29.1	C				
112	6/6/20165:36:42	6.34	Nul	35.3	mV	308	uS	325	ppm
	326	ppm	C	29.1	C				
113	6/6/20165:37:42	6.34	Nul	35.3	mV	308	uS	325	ppm
	327	ppm	C	29	C				

114	6/6/20165:38:42 326 ppm	6.34 29.3	Nul C	35.3 29	mV C	309	uS	324	ppm
115	6/6/20165:39:42 326 ppm	6.34 29.3	Nul C	35.4 29	mV C	310	uS	325	ppm
116	6/6/20165:40:42 326 ppm	6.34 29.3	Nul C	35.4 29	mV C	310	uS	325	ppm
117	6/6/20165:41:42 326 ppm	6.34 29.3	Nul C	35.3 29	mV C	311	uS	325	ppm
118	6/6/20165:42:42 327 ppm	6.34 29.4	Nul C	35.4 29	mV C	311	uS	325	ppm
119	6/6/20165:43:42 327 ppm	6.34 29.4	Nul C	35.4 28.9	mV C	312	uS	325	ppm
120	6/6/20165:44:42 327 ppm	6.34 29.3	Nul C	35.5 28.9	mV C	318	uS	325	ppm
121	6/6/20165:45:42 326 ppm	6.34 29.2	Nul C	35.6 29	mV C	318	uS	325	ppm
122	6/6/20165:46:42 326 ppm	6.34 29.2	Nul C	35.6 28.9	mV C	318	uS	325	ppm
123	6/6/20165:47:42 326 ppm	6.34 29.3	Nul C	35.4 28.9	mV C	319	uS	325	ppm
124	6/6/20165:48:42 326 ppm	6.35 29.3	Nul C	35.2 28.9	mV C	319	uS	324	ppm
125	6/6/20165:49:42 326 ppm	6.35 29.3	Nul C	35 28.9	mV C	320	uS	324	ppm

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Telah disintesis dan dikarakterisasi elektroda karbon dengan metode crosslink untuk tujuan desalinasi. Elektroda karbon disintesis dari karbon aktif modifikasi dan tanpa modifikasi serta polyvinyl alcohol sebagai binder menggunakan metode crosslink dengan temperature crosslink 120° C. Modifikasi karbon aktif dengan menggunakan HNO<sub>3</sub> dengan variasi 8, 9 dan 10 M. Hasil analisis berdasarkan hasil uji FTIR menunjukkan terjadi penambahan gugus-gugus fungsi pada karbon aktif modifikasi yaitu gugus eter (C-O), gugus karboksilat, gugus karboksil (C=O), dan gugus fenol (O-H). Salah satu cara untuk mengetahui morfologi dan komposisi material penyusun pada elektroda yang telah fabrikasi adalah dengan pengujian SEM/EDX.

Hasil uji SEM menunjukkan bahwa elektroda yang difabrikasi dengan ACM 8M memiliki jumlah pori yang lebih kecil dibandingkan elektroda lainnya, pori-pori pada permukaan elektroda meningkat seiring peningkatan konsentrasi HNO<sub>3</sub> yang digunakan pada proses modifikasi karbon aktif. Dapat juga dianalisis bahwa komposisi karbon pada masing-masing elektroda relatif sama, namun terjadi peningkatan komposisi oksigen sekitar 3% pada elektroda yang difabrikasi dengan menggunakan bahan dasar ACM.

Untuk mengetahui nilai spesifik kapasitansi dari sebuah elektroda digunakan pengujian *Cyclic Voltametry*. Pengukuran nilai kapasitansi dengan *Cyclic Voltametry* (CV) pada sweep rate 10 mV/s pada siklus ke 10 didapatkan nilai pada tipe AC, ACM 8M, ACM 9M, dan ACM 10M berturut turut yaitu 5; 7.8; 8.2 dan 8.9 F/g. Nilai kapasitansi terbesar adalah 8.9 F/g yang dimiliki oleh elektroda ACM 10M. Sedangkan pada pengujian EIS diperoleh nilai kapasitansi sebesar 134 mMho dan 184 mMho untuk elektroda karbon AC dan ACM 10M. Semakin besar nilai kapasitansi maka akan semakin baik performa sistem CDI dalam mengurangi besar konduktifitas larutan garam.

Berdasarkan hasil desalinasi selama 1 jam diperoleh pengurangan kadar garam pada elektroda karbon AC, ACM 8M, ACM 9M, dan ACM 10M berturut-turut 22, 27.72, 31.56 dan 35.09%. Dari hasil desalinasi tersebut diperoleh peningkatan persentase penurunan kadar garam pada elektroda modifikasi ACM 8M, ACM 9M, dan ACM 10M berturut-turut sebesar 5.72, 9.56, dan 14.09%, berdasarkan hasil peningkatan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa modifikasi karbon aktif dengan HNO<sub>3</sub> dapat meningkatkan kemampuan desalinasi pada elektroda karbon berbinder PVA dengan metode *crosslinking*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Berliana S. R, Liani, Golbert S, Maysaroh siti, N. T. Jelita (2012) Arang Aktif, <http://www.sharemyeyes.com/2013/06/arang-aktif.html>
- C.-H. Hou, J.-F. Huang, H.-R. Lin, and B.-Y. Wang, "Preparation of activated carbon sheet electrode assisted electrosorption process," *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 43, no. 3, pp. 473–479, May 2012.
- Davis, S.N. & Wiest, R.J.M. (1996), *Hydrogeology*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Dietz, Steven (2004), "Improved Electrodes for Capacitive Deionization", *Proceedings of the 2004 NSF Design, Service and Manufacturing Grantees and Research Conference, Birmingham, AL, January*.
- Ellys. K. M. Si (2014). Optimasi Adsorpsi ion NaCl pada elektroda kapasitive deionization dengan membrane ion exchange. ITS. Surabaya
- Gilar S and R. Yulianto, "Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivator  $ZnCl_2$  dan  $Na_2CO_3$  Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah," *Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, vol. 2, pp. 2301–9721, 2013.
- Intan P. S (2015). Fabrikasi dan Karakterisasi Elektroda dengan Metode *Freezing Thawing* untuk Sistem Desalinasi Larutan NaCl, MgCl dan KCl Berbasis *Capacitive Deionization*. ITS. Surabaya
- Lee, J.B., Park, K.K., Yoon, S. W., Park, P.Y., Park, K.I., Lee, C.W. (2007), "Desalination performance a carbon-based composite electrode", *Desalination*, 237, 155-161
- Li Haibo, Zou L, Pan L, Sun Z (2010). Using graphene nano-flakes as electrodes to remove ferric ion by capacitive deionization. Separation and purification technology. 75. 8-14
- Lindayanti (2006), "Teknologi Pembuatan Arang Tempurung Kelapa". *Liptan Agdex: 161/78 No. 01/BPTP Jambi/2006*.

- Lund, H. & Hammerich, O. 2001. Organic electrochemistry. Fourth Edition, Revised and Expanded, New York: Marcel Dekker, Inc.
- N. E. Vrana, "Use of Poly Vinyl Alcohol (PVA) Cryogelation for Tissue Engineering: Composites, Scaffold Formation and Cell Encapsulation," School of Mechanical and Manufacturing Engineering, Dublin City University, Ireland, 2009.
- Nadakatti. S., Tendulkar. M., Kadam. M. (2011) "Use of mesoporous conductive carbon black to enhance performance of activated carbon electrodes in capacitive deionization technology", *Desalination*, 268, 182-188.
- Oren, Y. (2008), "Capacitive deionization (CDI) for desalination and water treatment—past, present and future (a review)", *Desalination*, 228, 10–29.
- Park B.H, Kim Yu-Jin, Park Jin-Soo, Choi J (2011) Capacitive deionization using a carbon electrode prepared with water-soluble poly (vinyl alcohol) binder. *Journal of industrial and engineering chemistry*. 17. 717-722
- Park, K.K., Lee, J.B., Park, P.Y., Yoon, S.W., Moon, J.S., Eum, H.M. & Lee, C.W. (2007), "Development of a Carbon Sheet Electrode for Electrosorption Desalination", *Desalination*, 206, 86-91.
- Porada, R. Zhao, A. van der Wall, V. Presser, P.M. Biesheuvel, (2013), Review on the science and technology of water desalination by capacitive deionization. *Progress in materials science*.
- R. W. Pekala, J. C. Farmer, C. T. Alviso, T. D. Tran, S. T. Mayer, J. M. Miller, and B. Dunn, "Carbon aerogels for electrochemical applications," *J. Non-Cryst. Solids*, vol. 225, pp. 74–80, Apr. 1998.
- Riyanto, Ph. D. (2012) *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Graha ilmu. Yogyakarta
- Ross, S. D., Finkelstein, M. & Rudd, E.F. 1975. *Anodic oxidation*. New York: Academic Press
- S.J. Seo, H. Jeon, J.K. Lee, G.Y. Kim, D. Park, H. Nojima, J. Lee, S.H. Moon. (2010), Investigation on removal of hardness ions by capacitive deionization (CDI) for water softening applications, *Environ. Sci. Technol.* 44. 2267–2275.

- Sembiring, *M.T. (2003), Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan.
- T. Buerkle, Making Every Drop Count <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2007/1000494/index.html>.
- W. Huang, Y. Zhang, S. Bao, R. Cruz, and S. Song, "Desalination by capacitive deionization process using nitric acid-modified activated carbon as the electrodes," *Desalination*, vol. 340, pp. 67–72, May 2014.



## BIOGRAFI PENULIS



Ernes Josias Blegur lahir di Ainaro Timor-Timur, 19 Juli 1990, adalah anak ke tiga dari tujuh bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Impres Oesapa Kecil 2 Kupang, SLTPN 5 Kupang, SMAN 7 Kupang dan S1 Jurusan Fisika FMIPA UNDANA Kupang. Bidang minat yang ditekuni oleh penulis selama kuliah adalah bidang Fisika Instrumentasi.

Penulis mengambil S2 pada jurusan dan bidang yang sama di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014. Selama kuliah, penulis sempat aktif mengikuti seminar dan publikasi ilmiah. Apabila ingin berdiskusi lebih lanjut terkait topik tesis ini dapat menghubungi penulis melalui: [ernesjosias@gmail.com](mailto:ernesjosias@gmail.com).